

HENRIQUE MELO DE CAMPOS GURGEL

**Posicionamento do componente acetabular na
artroplastia total do quadril com e sem
o auxílio de um sistema de navegação computadorizado:
estudo comparativo prospectivo randomizado**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Ciências

Programa:
Ortopedia e Traumatologia

Orientador:
Prof. Dr. Alberto Tesconi Croci

São Paulo
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Gurgel, Henrique Melo de Campos

Posicionamento do componente acetabular na artroplastia total do quadril com e sem o auxílio de um sistema de navegação computadorizado : estudo comparativo prospectivo randomizado / Henrique Melo de Campos Gurgel. -- São Paulo, 2011.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Ortopedia e Traumatologia .
Orientador: Alberto Tesconi Croci.

Descritores: 1.Artroplastia 2.Quadril 3.Acetábulo 4.Navegação 5.ATQ

USP/FM/DBD-165/11

Para minha amada esposa Taís, que completa minha vida de maneira tão plena,
bela e intensa.

Para meus amados pais Maria Angela e Antonio Luiz, que mais do que me dar a
vida, ensinaram-me a ser uma pessoa de verdade.

Para minhas adoradas irmãs Fernanda e Thaís, que sempre me deram apoio
incondicional e base forte para seguir em frente.

Para meu querido tio Evaristo, tio de sangue e pai de coração, a quem devo muito
da minha formação como homem, ortopedista e cirurgião de quadril.

Para minha saudosa avó Clóris, uma mulher forte e determinada, à frente do seu
tempo, cuja falta jamais poderá ser suprida.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Alberto Tesconi Croci, por sua orientação, por seu exemplo como chefe e como pessoa e pelo apoio ao nosso projeto.

Ao Dr. Henrique Antonio Berwanger de Amorim Cabrita, por todos os ensinamentos, por todos os conselhos profissionais e pessoais, pelo grande apoio sempre manifestado e pela inestimável amizade.

Ao Dr. Itiro Suzuki, pelas lições de vida, pela acolhida na cirurgia do quadril e pelos inúmeros momentos agradáveis partilhados.

Ao Dr. Jorge dos Santos Silva, mestre na maneira de ensinar ao mesmo tempo com rigidez e amabilidade.

Aos Drs. Rui Maciel de Godoy Jr. e Marcos Hideyo Sakaki, meus eternos preceptores, que muito contribuíram para minha formação como ortopedista.

Aos Drs. João Carlos Rodrigues e Marcelo Bordalo Rodrigues, pela imensurável paciência e dedicação no cálculo dos ângulos deste trabalho.

Ao Dr. Roberto Freire da Mota e Albuquerque, pelo pioneirismo e apoio na técnica da navegação.

Aos Drs. Wlastemir Grigoletto Jr. e Reginaldo Perilo Oliveira, pelas importantes orientações por ocasião do Exame de Qualificação.

Ao Dr. Osvaldo Guilherme Nunes Pires, pelo auxílio essencial na bibliografia desta tese.

Ao Dr. Antonio Carlos Bernabé, pelo apoio no Grupo de Quadril e Artroplastias do IOT/HC/FMUSP.

Ao Dr. Roberto Monclus Romanek e demais colegas anestesistas do IOT/HC/FMUSP, pela parceria sem a qual não seria possível este projeto.

Aos residentes e ex-residentes que passaram pelo Grupo de Quadril e Artroplastias do IOT/HC/FMUSP, cujo auxílio foi fundamental para o êxito desta jornada.

Ao Sr. Agenor Borja, Sr. Adriano Carniel, Sra. Josiane Ribeiro Coelho Doganelli, e a todos os amigos da MB Osteos, que contribuíram de maneira fundamental para a realização deste projeto, independentemente de seus resultados.

Aos Professores Tarcísio E. P. Barros Filho, Olavo Pires de Camargo e Gilberto Luis Camanho, pela oportunidade de poder fazer parte desta nobre família chamada IOT/HC/FMUSP.

Aos meus colegas do Grupo de Quadril e Artroplastias, Drs. José Ricardo Negreiros Vicente, Marcos de Camargo Leonhardt, Carlo Augusto Malheiros Luzo, Carlos Antonio Soares Ulhôa, Antonio Faga e Antonio Carlos Rossetti, pela convivência engrandecedora.

Aos Drs. Marco Kawamura Demange, Adriano Marques de Almeida, e demais colegas da residência, pelos bons momentos neste difícil período de nossas vidas.

A todos os meus colegas ortopedistas do IOT/HC/FMUSP, companheiros na luta infundável em busca do melhor tratamento aos nossos doentes.

A todos os meus colegas do Instituto Vita, pela estimulante convivência diária.

A todos os colegas da Sociedade Brasileira de Quadril, pelo ambiente agradável que me impulsiona ao aprimoramento pessoal da nossa especialidade.

À Sra. Vera Lúcia Frazão de Souza, pelo cuidado e carinho com que lida com nossos pacientes.

Aos funcionários do Centro Cirúrgico do IOT/HC/FMUSP, pelo competente trabalho apesar das adversidades.

Aos funcionários do Serviço de Arquivo do IOT/HC/FMUSP, pela presteza na obtenção dos prontuários médicos.

Ao Sr. José Antonio Gonçalves Portela e à Sra. Andressa da Costa Santos, pela solicitude na realização dos ajustes gráficos e bibliográficos desta tese.

Aos meus queridos amigos Juliano Ribeiro de Andrade, Alexandre Nonato Fernandes Neto, Ricardo Barros Saad e Conrado Pereira Lima, por estarem ao meu lado ontem, hoje e sempre.

Aos meus sogros, cunhados e cunhadas, cujos laços de afinidade igualam-se aos sanguíneos.

À minha avó, aos meus tios, tias, primos e primas, pelas lembranças e experiências que são parte de quem hoje sou.

Aos pacientes que não hesitaram em participar deste trabalho, confiando plenamente nos meus propósitos, esperando que esta tese seja de valia para o tratamento de muitos outros.

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

- Referências: adaptado do *International Committee of Medical Journal Editors* (Vancouver).
- Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. *Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias*. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valeria Vilhena. 2^a ed. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2005.
- Abreviatura dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas

Lista de quadros e tabelas

Lista de gráficos e figuras

Resumo

Summary

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. OBJETIVO.....	9
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
4. CASUÍSTICA E MÉTODOS.....	56
4.1 Casuística.....	56
4.2 Critérios de inclusão e de exclusão.....	57
4.3 Critério para a divisão dos grupos de estudo.....	58
4.4 Técnica cirúrgica.....	59
4.5 Período pós-operatório.....	63
4.6 Navegador.....	66
4.7 Técnica tomográfica.....	67
4.8 Critérios de avaliação dos resultados.....	68
4.9 Análise estatística.....	70
5. RESULTADOS.....	73
5.1 Perfil dos pacientes da amostra.....	73
5.2 Medidas da anteversão e da inclinação.....	75
5.3 Zona de segurança.....	86
5.4 Demais variáveis de interesse.....	88
6. DISCUSSÃO.....	92
6.1 Caracterização geral da casuística.....	92
6.2 Importância do bom posicionamento acetabular.....	96

6.3 Avaliação tomográfica.....	100
6.4 Análise dos resultados principais.....	102
6.5 Críticas.....	105
6.6 Considerações finais.....	109
7. CONCLUSÃO.....	113
8. ANEXOS.....	115
9. REFERÊNCIAS.....	129

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

ABREVIATURAS

ed.	edição
et al.	e outros
p.	páginas

SÍMBOLOS

cm	centímetro
g	grama
kg	quilograma
kg/m ²	quilograma por metro quadrado
mg	miligrama
mGy	miligray
mGy-cm	miligray por centímetro
min	minuto
ml	mililitro
mm	milímetro
%	por cento
°	grau

SIGLAS

ACA	“acetabular center axis”
ANCOVA	análise de covariância
ATQ	artroplastia total do quadril
CAOS	“computer-assisted orthopaedic surgery”
CAC	cirurgia assistida por computador
CAS	“computer-assisted surgery”
COAC	cirurgia ortopédica assistida por computador
CTDIvol	“volume-weighted computed tomography dose index”
DLP	“dose length product”
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
FOV	“field of view”
HC	Hospital das Clínicas
INRAD	Instituto de Radiologia
IOT	Instituto de Ortopedia e Traumatologia
IMC	índice de massa corpórea
MEP	morfologia específica do paciente
MMII	membros inferiores
N	número de casos
PPA	plano pélvico anterior
TC	tomografia computadorizada

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Descrição geral dos resultados.....	117
Tabela 1 - Medidas descritivas da idade e índice de massa corpórea (IMC) segundo os grupos.....	74
Tabela 2 - Medidas descritivas da anteversão, inclinação, desvio da anteversão em relação à 15° e desvio da inclinação em relação à 40° segundo os grupos.....	82
Tabela 3 - Estimativas das médias e dos respectivos I.C. 95%.....	83
Tabela 4 - Medidas descritivas da anteversão, inclinação, desvio da anteversão em relação à 15° e desvio da inclinação em relação à 40° segundo sexo e grupo.....	85
Tabela 5 - Distribuição de casos em relação à zona de segurança segundo os grupos.....	87
Tabela 6 - Medidas descritivas para o intervalo de tempo entre a cirurgia e a tomografia e a cirurgia e a alta, tempo de cirurgia, incisão, discrepância e dreno segundo os grupos.....	90

LISTA DE GRÁFICOS E FIGURAS

Gráfico 1 – Posicionamento do componente acetabular conforme o nomograma de conversão de Murray.....	87
Figura 1 - Cálculo dos ângulos cirúrgicos de anteversão e inclinação.....	115
Figura 2 - Plano pélvico anterior tomográfico.....	116
Figura 3 - Bom posicionamento - anteversão cirúrgica.....	118
Figura 4 - Bom posicionamento - inclinação cirúrgica.....	119
Figura 5 - Mau posicionamento - anteversão cirúrgica (grupo navegado).....	120
Figura 6 - Mau posicionamento - anteversão cirúrgica (grupo convencional).....	121
Figura 7 - Boxplot das medidas da anteversão segundo os grupos.....	78
Figura 8 - Boxplot das medidas da inclinação segundo os grupos.....	79
Figura 9 - Boxplot dos desvios da anteversão em relação à 15° segundo os grupos.....	80
Figura 10 - Boxplot dos desvios da inclinação em relação à 40° segundo os grupos.....	81
Figura 11 - Incisão cutânea de um cm na crista ilíaca – grupo navegado.....	122
Figura 12 - Incisão cutânea de um cm na crista ilíaca – grupo convencional.....	123
Figura 13 - Fratura do fêmur proximal – reconstrução tomográfica.....	124
Figura 14 - Fratura do fêmur proximal – seis meses de pós-operatório.....	125
Figura 15 – Eléttodos de eletrocardiograma que auxiliaram na obtenção do plano pélvico anterior.....	126
Figura 16 - Posicionamento em decúbito lateral.....	127

RESUMO

Gurgel HMC. *Posicionamento do componente acetabular na artroplastia total do quadril com e sem um sistema de navegação computadorizado: estudo comparativo prospectivo randomizado* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2011. p.145

Em um estudo prospectivo e randomizado sobre o posicionamento do componente acetabular na artroplastia total do quadril, 20 quadris foram operados com o auxílio da navegação livre de métodos de imagem e 20 quadris foram operados através do método convencional. Todas as cirurgias foram realizadas pelo mesmo cirurgião com o paciente em decúbito lateral. A avaliação do posicionamento foi feita através da medição tomográfica pós-operatória dos ângulos de anteversão e inclinação cirúrgicos e análise da zona de segurança. Os resultados obtidos foram similares em todas as comparações: anteversão média de 17,4° no grupo navegado e 14,5° no grupo convencional (p=0,215), inclinação média de 41,7° no grupo navegado e 42,2° no grupo convencional (p=0,633), desvio médio do objetivo da anteversão (15°) de 5,5° no grupo navegado e 6,6° no grupo convencional (p=0,429), desvio médio do objetivo da inclinação (40°) de 3° no grupo navegado e 3,2° no grupo convencional (p=0,783) e localização dentro da zona de segurança de 90% no grupo navegado e 80% no grupo convencional (p=0,661). A avaliação tomográfica pós-operatória do posicionamento acetabular na artroplastia total de quadril realizada com o paciente em decúbito lateral foi semelhante ao se comparar a técnica navegada com a técnica convencional.

Descritores: 1.Arthroplastia 2.Quadril 3.Acetábulo 4.Navegação 5.ATQ

SUMMARY

Gurgel HMC. *Acetabular component positioning in total hip arthroplasty with and without a computer-assisted system: a prospective, randomised and controlled study* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2011. p.145

In a prospective and randomised study of the acetabular component position in total hip arthroplasty, 20 hips were operated using imageless navigation and 20 hips were operated using the conventional method. The same surgeon performed all the operations with the patient in the lateral position. The correct position of the acetabular component was evaluated with computed tomography performed after the surgeries, measuring the operative anteversion angle and the operative inclination angle and determining the cases inside the safe zone. The results were similar in all the analyses: a mean anteversion of 17.4° in the navigated group and 14.5° in the conventional group ($p=0.215$), a mean inclination of 41.7° in the navigated group and 42.2° in the conventional group ($p=0.633$), a mean deviation from the desired anteversion (15°) of 5.5° in the navigated group and 6.6° in the conventional group ($p=0.429$), a mean deviation from the desired inclination (40°) of 3° in the navigated group and 3.2° in the conventional group ($p=0.783$), and location inside the safe zone of 90% in the navigated group and 80% in the conventional group ($p=0.661$). The acetabular component position's tomography analyses in total hip arthroplasty, performed with the patient in the lateral position, were similar whether using imageless navigation or performing it conventionally.

Descriptors: 1.Arthroplasty 2.Hip 3.Acetabulum 4.Navigation 5.THA

1.INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A artroplastia total do quadril (ATQ) é certamente um dos grandes triunfos da ortopedia (**Hasart et al., 2008; Najarian et al., 2009; Reininga et al., 2010**) e talvez da medicina e do sistema de saúde como um todo (**Bozic et al., 2009**). Durante muito tempo, pessoas com doenças graves dos quadris estavam fadadas a viver suas vidas com importantes quadros álgicos. A ATQ mudou drasticamente este quadro. Muitos pacientes debilitados que no passado necessitavam de muletas ou cadeira de rodas obtiveram um novo, promissor e empolgante tratamento (**Murphy et al., 2006; Widmer, 2007**). Este procedimento permitiu a tais pacientes manterem-se independentes, sem onerar suas famílias e sociedade. Poucos procedimentos cirúrgicos obtiveram tanto êxito para ambos, paciente e sociedade, como um todo. Atualmente, são realizadas um milhão de ATQs anualmente em todo o mundo (**Widmer, 2007**).

Osteoartrose é uma doença articular com alta prevalência nos adultos idosos. Trata-se de um processo caracterizado por alterações na estrutura e função das articulações, ocorrendo, principalmente, devido ao processo degenerativo da cartilagem articular. O tratamento conservador deve ser tentado antes da indicação cirúrgica, envolvendo perda de peso, medicações sistêmicas ou locais, fisioterapia, uso de apoio como bengala e orientações quanto à atividade física.

A indicação da ATQ deve se basear na falha do tratamento conservador e no quadro clínico justificável. A indicação primária é a dor debilitante, que piora com a atividade física e melhora com o repouso. A diminuição da amplitude de movimento articular também é um fator importante. Esta cirurgia é tradicionalmente reservada aos idosos devido ao desgaste dos componentes, porém, com os avanços tecnológicos, são cada vez mais realizadas nos jovens **(Najarian et al., 2009)**.

Os objetivos da ATQ são, portanto, aliviar a dor e melhorar a função articular **(Padgett et al., 2005; Najarian et al., 2009)**. A ATQ é uma cirurgia de substituição articular, envolvendo um componente acetabular e um femoral, que devem ser fixados ao osso pélvico e femoral buscando a melhor posição possível para assegurar o bom funcionamento da prótese. O componente acetabular, também conhecido como taça acetabular, pode ser único e cimentado no acetábulo ou pode ter duas partes: uma cúpula externa fixada sem cimento através de impacção (“pressfit”) e/ou parafusos e um componente interno (“liner” ou “insert”), encaixado no componente externo. O componente femoral é geralmente constituído por uma haste que pode ser também cimentada ou encaixada sem cimento com impacção, e uma cabeça que encaixa na haste.

O correto posicionamento do componente acetabular é essencial para a estabilidade biomecânica da ATQ, garantindo uma longa sobrevivência e evitando a luxação, que ocorre quando a cabeça do componente femoral se desencaixa do componente acetabular **(Herrlin et al., 1986; Kiefer, 2003; Jolles et al., 2004; Widmer**

et al., 2004; Kanesaki et al., 2006; Dorr et al., 2007; Ybinger et al., 2007; Ybinger e Kumpan, 2007; Mainard, 2008; Gandhi et al., 2009; Ryan et al., 2010).

O índice de luxação nas ATQs primárias está entre 1% e 4%, podendo chegar a 10% no caso das revisões (**Lewinnek et al., 1978; Woo e Morrey, 1982; Ackland et al., 1986; DiGioia et. al., 1998; Kummer et. al, 1999; Jerosch et al., 2002; Nogler et al., 2004; Lazovic e Kaib, 2005; Sotereanos et al., 2006; Babisch et al., 2008; Murtha et al., 2008**). Das 51.345 revisões de ATQ realizadas nos Estados Unidos entre outubro de 2005 e dezembro de 2006, a maior causa foi a luxação (22,5%), com um custo médio por paciente de 54.553 dólares (**Bozic et al., 2009**).

Diversos autores acreditam que o mau posicionamento do componente acetabular é responsável pela maior parte das luxações (**McCollum e Gray, 1990; DiGioia III et al., 1998; Leenders et al., 2002; Kalteis et al., 2005; Kalteis et al., 2006a; Sotereanos et al., 2006; Ybinger e Kumpan, 2007; Najarian et al., 2009**).

Atualmente o posicionamento do componente acetabular é realizado através da experiência do cirurgião e de guias mecânicos convencionais. Tais guias não são precisos pois assumem que o tronco e a pelve do paciente estão alinhados numa orientação conhecida na mesa cirúrgica, sem levar em conta as variações individuais de cada indivíduo, a real posição da pelve na mesa operatória e os diversos possíveis movimentos intra-operatórios (**McCollum e Gray, 1990; DiGioia III et al., 1998; DiGioia III et al., 2002; Leenders et al., 2002; Wentzensen et al., 2003; Grützner et**

al., 2004; Jolles et al., 2004; Widmer et al., 2004; Padgett et al., 2005; Sotereanos et al., 2006; Ecker et al., 2007; Haaker et al., 2007; Ohashi et al., 2007; Parratte e Argenson, 2007; Ybinger e Kumpan, 2007; Najarian et al., 2009; Ryan et al., 2010).

A navegação entra neste contexto com o objetivo de melhorar a precisão do posicionamento acetabular. **Specht e Koval, em 2002**, esclarecem os conceitos de cirurgia ortopédica assistida ou navegada por computador (“Computer-Assisted Orthopaedic Surgery” ou “CAOS”) e cirurgia robótica. No conceito de cirurgia assistida ou navegada, a capacidade da máquina é somada à habilidade e ao julgamento humano para realizar uma tarefa melhor do que cada qual sozinho faria, enquanto que no conceito de cirurgia robótica, um procedimento semi-autônomo é realizado por um braço robótico sob controle direto ou indireto do ser humano.

A navegação cirúrgica intra-operatória iniciou nos anos 70, sendo adaptada para procedimentos ortopédicos nos anos 90 (**Amiot e Poulin, 2004**) e introduzida na ATQ em 1998 (**DiGioia III et al., 1998; Jaramaz et al., 1998**).

A navegação consiste em um sistema no qual a posição espacial de referências anatômicas do paciente e de instrumentos cirúrgicos são transferidas para o computador e processadas por um programa capaz de devolver ao cirurgião informações relativas a vários passos da operação de forma visual ou gráfica e numérica, conferindo ao cirurgião um grau maior de controle e precisão na execução do procedimento (**Albuquerque, 2011**). O método mais utilizado na transmissão das informações para o

sistema é o infravermelho. Os sinais são captados pela câmera de rastreamento ótico, transmitidos para o computador e daí para o monitor, sendo interpretados pelo cirurgião, que pode tomar decisões e fazer ajustes durante a cirurgia. A posição da pelve é obtida com o plano pélvico anterior (PPA) definido pelas duas espinhas ilíacas ântero-superiores e pela sínfise púbica (ou tubérculos púbicos). Alimentado pela posição da pelve, o sistema acompanha o procedimento operatório passo a passo, informando o cirurgião como está o posicionamento do componente acetabular.

Existem dois tipos principais de navegação na ATQ: baseada na tomografia computadorizada (TC) pré-operatória ou livre da TC pré-operatória. Na navegação baseada na TC o PPA é adquirido pela própria TC, enquanto na navegação livre da TC o PPA é adquirido geralmente pela palpação com instrumentos navegados, durante a fase intra-operatória, das duas espinhas ilíacas ântero-superiores e da sínfise púbica, imediatamente antes de realizar a incisão principal. As críticas à navegação da ATQ baseada na TC pré-operatória já estão bem estabelecidas: perda de tempo pré e intra-operatório, custo do exame, radiação para o paciente, curva de aprendizado maior **(Zheng et al., 2002; Kiefer, 2003)** e má qualidade da imagem devido a artefatos metálicos em pacientes com cirurgias prévias **(Wentzensen et al., 2003; Grützner et al., 2004)**.

As dúvidas que persistem quanto à navegação como um todo são o real benefício proporcionado, o custo e o maior tempo cirúrgico com suas potenciais complicações **(Zheng et al., 2002; Weil et al., 2006)**.

O melhor método para avaliar o posicionamento do componente acetabular é o tomográfico. Bons trabalhos prospectivos e randomizados com avaliação tomográfica pós-operatória foram publicados comparando a técnica navegada com a convencional, através de cirurgias realizadas em decúbito dorsal horizontal, onde a palpação dos pontos do PPA é mais fácil (**Kalteis et al., 2005; Kalteis et al., 2006a; Parratte e Argenson, 2007**). Permanece ainda na literatura uma lacuna de bons trabalhos com a mesma metodologia que avalie pacientes operados em decúbito lateral.

2.OBJETIVO

2. OBJETIVO

O objetivo do nosso trabalho é avaliar, através do estudo tomográfico pós-operatório, o posicionamento do componente acetabular na artroplastia total do quadril, comparando as técnicas navegada e convencional, realizadas com o paciente em decúbito lateral.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3. REVISÃO DA LITERATURA

Cunningham e Robinson, em 1922, são os primeiros a mencionar a existência do plano pélvico anterior (PPA), ao avaliarem anatomicamente a posição da pelve. Descrevem: “A posição da pelve no ser humano, quando está ereto, deve ser aproximadamente representada ao colocá-la de modo que as duas espinhas íliacas ântero-superiores e a sínfise púbica fiquem no mesmo plano vertical”.

McLaren, em 1973, propõe, pioneiramente, um método para avaliar o componente acetabular da prótese de Charnley-Müller. Avaliando a radiografia ântero-posterior, sugere o cálculo da anteversão através da projeção radiográfica da taça acetabular, que gera uma imagem elíptica.

Lewinnek et al. (1978), num trabalho clássico retrospectivo não randomizado, estudam 122 ATQs cimentadas realizadas por cinco cirurgiões diferentes através da via póstero-lateral. A orientação acetabular é determinada através de radiografias específicas, analisando a aparência elíptica do anel metálico de marcação da taça. Posicionam o PPA (as duas espinhas íliacas ântero-superiores e a sínfise púbica) paralelo ao filme. Calculam o ângulo de versão através da relação entre o comprimento do menor e do maior diâmetro da elipse, sendo diagnosticada anteversão se o arco lateral da elipse for mais agudo que o medial e retroversão se o arco medial da elipse for mais

agudo que o lateral. A taxa de luxação para taças acetabulares posicionadas com anteversão de $15^{\circ} \pm 10^{\circ}$ e inclinação de $40^{\circ} \pm 10^{\circ}$ é de 1,5%, enquanto a das taças fora desta zona é de 6,1% (quatro vezes maior), resultado este estatisticamente significativo. Definem, assim, a “Zona de Segurança de Lewinnek”, calculada em relação ao PPA.

Visser e Konings, em 1981, avaliam radiograficamente o ângulo de inclinação e anteversão acetabular. Medem a inclinação através do ângulo formado pelo plano transversal e pelo plano da abertura da taça, enquanto a anteversão avaliam através da elipse do anel metálico. Nesta última avaliação, na dúvida quanto à anteversão ou retroversão, realizam uma segunda radiografia oblíqua lateral, sendo determinada a anteversão se a área da elipse aumentar e a retroversão se a área da elipse diminuir.

Woo e Morrey, em 1982, relatam uma taxa de luxação de 3,2% em 10.500 ATQs. Avaliam a inclinação nas radiografias ântero-posteriores medindo o ângulo entre a linha da abertura da taça acetabular e a linha que conecta as bordas inferiores das tuberosidades isquiáticas. A anteversão é medida através de radiografias laterais mensurando o ângulo entre a abertura acetabular e a linha perpendicular ao plano horizontal.

Ackland et al. (1986) relatam que a inclinação é facilmente avaliada através de radiografias comuns, porém a anteversão não. Propõem um método de avaliação radiográfico da anteversão através da elipse do anel metálico em radiografias

padronizadas centradas no quadril, sendo a anteversão medida no plano da taça acetabular (oblíquo ao plano transversal). Definem esta anteversão como sendo a “anteversão planar”. Para avaliar se a taça está anteversa ou retroversa, sugerem uma segunda radiografia com 10° de inclinação caudal. Tal radiografia evidencia a anteversão se a elipse se fechar; por outro lado, evidencia a retroversão se a mesma se abrir.

Herrlin et al. (1986 e 1988) ponderam que as medidas realizadas através da elipse do anel metálico são bidimensionais (2-D) e não são realizadas num plano corporal constante e bem definido. Propõem um método de avaliação tridimensional (3-D) radiográfico, onde se obtém a inclinação através do ângulo entre o plano da abertura acetabular e o plano transversal, e a anteversão através da abertura acetabular no plano transversal. Definem estas avaliações como sendo as verdadeiras inclinação e anteversão.

McCullum e Gray, em 1990, chamam atenção para o efeito do ângulo lombosacro ou “tilt pélvico” na artroplastia total do quadril. Através de estudos radiográficos, relatam que, quando o paciente fica em decúbito lateral na mesa cirúrgica, a curva lordótica lombar diminui e a pelve flete, gerando uma posição acetabular mais anteversa em cerca de 20° a 35° e menos inclinada em cerca de 10° a 15°. Se o componente for posicionado segundo os eixos do corpo do paciente, sem levar em consideração estas alterações, a posição ortostática leva a uma retroversão e uma maior inclinação da taça acetabular. Assim, recomendam posicionar a taça entre 30° e 50° de inclinação e 20° a 40° de anteversão.

Sarmiento et al. (1990) estudam 864 ATQs cimentadas. Definem que a medição da inclinação acetabular pelo ângulo entre a linha que conecta as tuberosidades isquiáticas e a linha da abertura acetabular é acurada mesmo com diferentes posições da pelve em relação ao feixe radiográfico, o mesmo não podendo ser dito em relação à anteversão. Evidenciam que a posição da taça com inclinação de 45° a 55° possui um menor desgaste em relação a taças mais horizontais.

Murray, em 1993, em um clássico estudo trigonométrico, define as diferentes possíveis medições dos ângulos de inclinação e anteversão. As definições descrevem a orientação do eixo acetabular (axis) que passa através do centro da taça acetabular e é perpendicular ao plano da abertura da taça. Define-se o ângulo de inclinação cirúrgico (que o cirurgião vê ao realizar a artroplastia) como sendo o ângulo entre o eixo acetabular e o plano sagital, enquanto o ângulo de anteversão cirúrgico é definido pelo ângulo entre o eixo longitudinal e o eixo acetabular projetado no plano sagital. Define-se o ângulo de inclinação radiográfico como sendo o ângulo entre o eixo longitudinal e o eixo acetabular projetado no plano coronal, enquanto o ângulo de anteversão radiográfico é definido pelo ângulo entre o eixo acetabular e o plano coronal (ocasionalmente chamado de anteversão planar podendo ser aproximadamente medido através de radiografias laterais). Define-se o ângulo de inclinação anatômico como sendo o ângulo entre o eixo acetabular e o eixo longitudinal, enquanto o ângulo de anteversão anatômico é definido pelo ângulo entre o eixo transversal e o eixo acetabular projetado no plano transversal ou axial. Segundo Murray, os componentes acetabulares protéticos devem ser avaliados através dos ângulos cirúrgicos. A fim de comparar

possíveis diferentes técnicas de medição, formula três nomogramas que convertem os valores entre si. Assim, para comparar valores cirúrgicos com radiográficos, propõe a utilização do nomograma. Os ângulos são descritos em relação ao plano coronal do esqueleto humano e não como **Lewinnek et al. (1978)**, que assumem que o PPA é o plano coronal.

Pierchon et al. (1994) analisam uma série de 38 ATQs que evoluíram com luxação, comparando o posicionamento da taça acetabular com 14 ATQs que evoluíram sem luxação, através de estudo radiográfico e tomográfico. Não encontram diferença no posicionamento acetabular entre os dois grupos. Concluem que outras causas para a luxação, como a fraqueza muscular, devem ser fatores mais importantes e que radiografias são inaccuradas para tal avaliação.

Hassan et al. (1998), num trabalho prospectivo de 50 ATQs, avaliam no período pós-operatório, através de radiografias, a posição do componente acetabular. Realizam as radiografias com o paciente em ortostase, sendo uma ântero-posterior da pelve para avaliar a inclinação acetabular, uma ântero-posterior centrada no quadril para avaliar a anteversão (anteversão planar), e uma em “inlet” para diferenciar a anteversão da retroversão. As artroplastias são realizadas por quatro cirurgiões e todos acreditam ter posicionado a taça dentro da Zona de Lewinnek, porém a avaliação demonstra que apenas 58% estavam dentro desta. Os cálculos, entretanto, são realizados com o plano coronal do paciente e não com o PPA.

Jaramaz et al. (1998) e DiGioia III et al. (1998) publicam conjuntamente dois artigos estabelecendo pioneiramente um sistema de navegação da ATQ chamado de “HipNav”, baseado na TC para auxiliar o posicionamento da taça acetabular (“HipNav, Center for Medical Computer-Assisted Surgery, Pittsburgh, USA”). Relembrem os cálculos de **Murray (1993)**, mencionando que os guias mecânicos se baseiam nos ângulos cirúrgicos. Advertem que tais guias se orientam admitindo uma posição fixa da pelve na mesa operatória (a maior parte desenhados para a obtenção de 45° a 50° de inclinação e 15° a 25° de anteversão). São os primeiros a introduzir na ATQ navegada o conceito do PPA descrito por **Cunningham e Robinson (1922)**. Em decúbito lateral e através da via póstero-lateral, relatam animadoramente numa série inicial de 10 pacientes um aumento do tempo cirúrgico de 10 a 15 minutos em relação à cirurgia sem a navegação. Sugerem que o PPA, formado pelas duas espinhas ilíacas ântero-superiores e pelos dois tubérculos púbicos, seja utilizado como referência em todas as avaliações de posicionamento da taça acetabular.

Kummer et al. (1999), utilizando um modelo plástico de hemipelve, realizam estudos com diversas posições do componente acetabular, relatando que a melhor posição para garantir um bom arco de movimento sem impacto é 35° a 45° de inclinação e 0° a 10° de anteversão. Posicionam esta hemipelve na “orientação fisiológica do esqueleto ereto”, não mencionando a relação com o PPA.

Pradhan, em 1999, descreve um novo método para determinar o ângulo de anteversão planar, sendo este “um ângulo num plano que passa através da abertura da taça acetabular em relação ao plano para-sagital humano”. Posicionando uma pelve humana assumindo ser o PPA o plano coronal, implanta o componente acetabular de diversas maneiras, realiza radiografias ântero-posteriores centradas no quadril e calcula o ângulo de anteversão através de figuras geométricas que envolvem um círculo e um triângulo originados da elipse da projeção da taça.

Eddine et al. (2001) estudam radiograficamente o efeito do ângulo lombo-sacro, avaliando sua variação da posição deitado para a posição em pé. Relatam que 22 pacientes apresentam retroversão em média de 7° e dois apresentam anteversão em média de 2° .

Hirakawa et al. (2001), num estudo retrospectivo com longo seguimento de 15 anos de ATQs em casos displásicos, analisam radiograficamente o posicionamento da taça acetabular. Obtém os melhores resultados clínicos com inclinação de 35° a 45° . Não avaliam a anteversão.

Maruyama et al. (2001) examinam 100 pelves de esqueletos humanos. Admitindo o PPA como sendo o plano coronal, demonstram grande variação na anteversão acetabular (7° a 42°), acreditando que, no futuro, próteses específicas devem ser desenvolvidas.

DiGioia III et al. (2002) analisam a utilização de guias mecânicos em 82 ATQs, comparando o posicionamento no período intra-operatório com a avaliação navegada baseada na TC pré-operatória (o cirurgião utiliza o guia manual e, quando está satisfeito, é realizada a avaliação navegada). Com o objetivo de $45^{\circ} \pm 10^{\circ}$ de inclinação e $20^{\circ} \pm 10^{\circ}$ de anteversão, concluem que posicionariam a taça de uma maneira não aceitável em 78% dos casos utilizando os guias manuais, principalmente em relação à anteversão.

Jerosch et al. (2002), através de uma simulação de computador (“Program developed by Orthopaedic Services, Mainhausen, Germany”), mostram que o arco de movimento do quadril é maior em uma posição do componente acetabular maior que 40° de inclinação e entre 10° e 20° de anteversão (realizam a simulação com inclinação de 35° a 55° e anteversão de -10° a $+20^{\circ}$).

Leenders et al. (2002), num estudo dito prospectivo e randomizado, avaliam radiograficamente a inclinação de 150 componentes acetabulares de artroplastias realizadas pelo mesmo cirurgião em posição supina. Dividem as 150 artroplastias em três grupos: grupo um com 50 artroplastias operadas a mão livre realizadas antes da fase da artroplastia navegada, grupo dois com 50 artroplastias navegadas por método baseado em TC pré-operatória (“Surgical Gate System, Medivision, Oberdorf, Switzerland”) e grupo três com 50 artroplastias operadas também a mão livre, porém após a fase da artroplastia navegada (a randomização ocorreu em relação a estes dois últimos grupos). Com o objetivo de posicionar o componente acetabular entre 40° e 55° de inclinação, observam uma menor variação ao comparar o grupo dois com o grupo um e o grupo três

com o grupo um, estatisticamente significantes a favor dos grupos dois e três. Ao comparar o grupo dois com o grupo três não encontram uma variação estatisticamente significativa. A randomização deste trabalho ocorreu em relação aos dois últimos grupos e não ao primeiro. Os autores não avaliam a anteverção e fazem uma auto-crítica dizendo: “Sabemos que nossa metodologia para a medição baseada em radiografias é um problema que pode afetar o valor das descobertas”.

Zheng et al. (2002) relatam que, nos últimos anos, uma variedade de métodos navegados por computador baseados em TC pré-operatória foram introduzidos. Mencionam seus aspectos negativos, como o custo, a radiação extra necessária para a realização da TC, a necessidade de um plano pré-operatório detalhado e a longa curva de aprendizado. Descrevem um método de navegação híbrido baseado na palpação dos três pontos (as duas espinhas ilíacas ântero-superiores e o centro geométrico dos dois tubérculos púbicos) e no uso da radioscopia para navegar os dois componentes da artroplastia (“Bernese SurgiGATE module of CT-free Cup, Medivision, Oberdorf, Switzerland”). Realizam uma avaliação piloto em oito pacientes, relatando um maior tempo cirúrgico em média de 38 minutos (30 a 55 minutos), sem complicações intra ou pós-operatórias.

DiGioia III et al. (2003) publicam artigo inédito associando a cirurgia minimamente invasiva à navegação (“HipNav”), relatando melhores resultados funcionais (qualidade da marcha, distância percorrida e habilidade de subir escadas), com significância estatística em relação à técnica com incisão habitual sem a navegação, ao comparar dois grupos de 33 pacientes em cada.

Kiefer, em 2003, publica a primeira série de casos de artroplastias totais de quadril realizadas através da navegação livre da TC. Opera 156 pacientes (abril de 2001 a janeiro de 2002) com o navegador “Orthopilot” (“B. Braun, Aesculap, Tuttlingen, Germany”). Palpa as duas espinhas ilíacas ântero-superiores e a sínfise púbica, obtendo o PPA. Nesta série de casos, 18 pacientes são excluídos por problemas técnicos, sendo nestes a artroplastia realizada pelo método tradicional, sem a navegação (uma adequada solução para o problema). Avalia, pois, 138 pacientes, relatando índice de massa corpórea (IMC) médio de $26,3 \text{ kg/m}^2$ ($21,5$ a $39,1 \text{ kg/m}^2$) e tempo cirúrgico médio de 90 minutos (55 a 130 minutos), com os pacientes operados em decúbito dorsal horizontal. Com o objetivo de posicionar o componente acetabular em 45° de inclinação (35° a 55°) e 15° de anteversão (5° a 25°), obtém no intra-operatório com a navegação, inclinação média de 41° (29° a 54°) e anteversão média de $15,9^\circ$ (3° a 29°). Através de avaliação radiográfica pós-operatória e conceito de **Pradhan (1999)**, relata inclinação média de 42° (32° a 55°) e anteversão média de $10,9^\circ$ (3° a 22°). Com esta série inicial, conclui que o procedimento é simples, rápido (tempo adicional de sete a 10 minutos), com baixo custo se comparado à navegação baseada na TC e sem complicações específicas do método.

Wentzensen et al. (2003) propõem também um sistema híbrido de navegação da ATQ (“SurgiGATE C-arm cup, Medivision, Switzerland”). Através do conceito do PPA, palparam as duas espinhas ilíacas ântero-superiores e, com a ajuda de duas imagens radioscópicas, obtêm o centro geométrico dos tubérculos púbicos. Ainda para alimentar o sistema, são necessárias mais quatro imagens radioscópicas. Avaliam um grupo de 118 pacientes operados de janeiro de 2001 a maio de 2002, sendo 12 revisões e 106 artroplastias primárias. Nas 50 primeiras artroplastias primárias são realizadas TCs pós-operatórias. Identificando o PPA e planejando uma taça virtual que coincide com o implante, evidenciam neste plano virtual ângulos de inclinação médio de 43° (37° a 49°), com diferença média em relação à inclinação intra-operatória de $1,5^{\circ}$ (máxima de 5°) e ângulo de anteversão médio de 19° (10° a 28°), com diferença média em relação à anteversão intra-operatória de $2,4^{\circ}$ (máxima de 6°). Relatam um tempo cirúrgico médio de 91 minutos e sangramento médio de 611 ml.

Amiot e Poulin, em 2004, verificam a acurácia da TC pré-operatória na navegação da artroplastia total do quadril. Promovem duas análises posicionando taças acetabulares em blocos de polimetilmetacrilato e em cadáveres, realizando tomografias e avaliações navegadas, e obtêm valores muito próximos entre ambas. Concluem que a artroplastia navegada baseada na tomografia pré-operatória é um método bastante preciso.

DiGioia III et al. (2004) enfatizam, novamente, a força da associação da técnica minimamente invasiva com a navegação baseada na TC pré-operatória, mencionando vantagens no planejamento pré-operatório, na simulação intra-operatória do arco de movimento, na melhora da acurácia e da segurança, no posicionamento mais preciso e no treinamento de cirurgiões.

Grützner et al. (2004) relatam o complemento da casuística relatada por **Wentzensen et al. (2003)**, mostrando 236 pacientes operados de janeiro de 2001 a outubro de 2003. Novamente, mencionam 50 TCs pós-operatórias realizadas nas artroplastias primárias e relatam nestas ângulo de inclinação médio de 42° e ângulo de anteversão médio de 21°. Enfatizam os aspectos negativos da artroplastia navegada com TC pré-operatória: custo, radiação, tempo perdido pré e intra-operatoriamente, longa curva de aprendizado e adicionam a má qualidade da imagem no caso de pacientes com artefatos metálicos de cirurgias anteriores. Os valores médios do tempo cirúrgico e do sangramento são de 96 minutos e 811 ml respectivamente.

Jolles et al. (2004) propõem um estudo para determinar a reprodutibilidade e a acurácia das técnicas convencional e assistida por computador baseado na TC (“Synthes-Stratec, Oberdorf, Switzerland”) para posicionar o componente acetabular na ATQ. Através da via lateral, 150 taças são colocadas por 10 cirurgiões em 10 modelos plásticos pélvicos idênticos, a mão livre, com o guia mecânico e assistidas por computador. O posicionamento a mão livre revela um desvio médio do objetivo de 10° para a anteversão e 3,5° para a inclinação. Com o guia mecânico, obtêm desvio médio de

8° de anteversão e 4° de inclinação, e com a navegação, 1,5° e 2,5°, respectivamente. A reprodutibilidade (variação para cada cirurgião) da anteversão diminui de 4,5° para 1,2° das técnicas convencionais (mão livre e guia mecânico) para a técnica navegada, enquanto a da inclinação diminui de 2,5° para 0,9°. Relatam, pois, reprodutibilidade e acurácia significativamente superior para a navegação em relação tanto à técnica a mão livre, quanto à técnica com o uso do guia mecânico. Entre estas duas últimas técnicas, não observam diferença estatística nem para a reprodutibilidade, nem para a acurácia. Por fim, mencionam desconhecer, até então, trabalho que compare a acurácia do posicionamento entre os métodos tradicional e navegado.

Nogler et al. (2004) comparam o componente acetabular posicionado com guia mecânico e posicionado através da navegação livre da TC (“Stryker Hip Navigation, Stryker Leibinger, Freiburg, Germany”) em 12 cadáveres. Com o objetivo de 45° de inclinação e 20° de anteversão, obtêm com o guia mecânico média de 41,8° de inclinação e 24,6° de anteversão, enquanto com a técnica navegada 45,5° de inclinação e 21,9° de anteversão. Relatam uma variação maior dentro do grupo do guia mecânico (inclinação de 36,1° a 51,8° e anteversão de 15° a 33,5°) do que dentro do grupo navegado (inclinação de 43,9° a 48,2° e anteversão de 18,3° a 25,4°).

Olivecrona et al. (2004) estudam tomograficamente os ângulos do componente acetabular. Admitindo o PPA como referência do plano coronal, dois examinadores independentes avaliam a inclinação cirúrgica e a anteversão cirúrgica obtendo grande acurácia nas medições. Concluem que tais ângulos do componente acetabular podem ser

adequadamente determinados pela TC independentemente do posicionamento do paciente. Validam, pois, os ângulos cirúrgicos avaliados através da TC pós-operatória.

Saxler et al. (2004) estudam 105 ATQs realizadas sem a navegação entre junho de 1985 e agosto de 2001. Em todos estes casos realizam ATQ navegada baseada em TC pré-operatória no lado contralateral (“SurgiGATE-System, Medivision, Oberdorf, Switzerland”). Avaliam, pois, os dados tomográficos destas 105 ATQs reconstruindo o PPA e calculando a inclinação e a anteversão radiográficas. Mostram que apenas 27 estão dentro da Zona de Segurança de Lewinnek. A inclinação média observada é de $45,8^{\circ}$ (23° a $71,5^{\circ}$) e a anteversão média é de $27,3^{\circ}$ ($-23,5^{\circ}$ a $+59^{\circ}$). Nenhum destes 105 pacientes queixavam-se de instabilidade nestas artroplastias convencionalmente realizadas.

Stipcak et al. (2004) estudam prospectivamente 50 ATQs divididas em dois grupos: grupo um com 25 ATQs operadas convencionalmente e grupo dois com 25 ATQs operadas com a navegação. Realizam randomização adequada. Buscando 15° de anteversão e 45° de inclinação, através de avaliação radiográfica e método de **Ackland et al. (1986)**, demonstram no grupo um anteversão média de $9,4^{\circ}$ (3° a 18°), e inclinação média de $50,6^{\circ}$ (38° a 62°), enquanto no grupo dois anteversão média de $10,4^{\circ}$ (8° a 16°) e inclinação média de 43° (32° a 55°), diferenças estatisticamente significantes.

Widmer e Grützner, em 2004, avaliam 14 pacientes operados através da navegação baseada na TC (“SurgiGate, Medivision, Oberdorf, Switzerland”) em decúbito dorsal horizontal, utilizando a incisão padrão (12 a 17cm). Como ambos os autores operam, dividindo os casos, duas vias são realizadas (ântero-lateral e lateral), uma para cada cirurgião, e dois objetivos são buscados: 45° de inclinação e 15° de anteversão para um, e 42° de inclinação e 26° de anteversão para o outro. Através de avaliação radiográfica, relatam bons resultados de ambos os cirurgiões. Observam um aumento do tempo cirúrgico de 37 a 75 minutos em relação à artroplastia sem a navegação, bem como um aumento do sangramento médio de 120 ml em relação à mesma. Concluem que a navegação baseada na TC adiciona uma dose significativa de radiação e um maior tempo pré e intra-operatório com conseqüente maior custo, devendo ser reservada para casos onde ocorre nítido benefício, como nas artroplastias minimamente invasivas e nas displasias.

Dorr et al. (2005), pioneiramente, são os primeiros a tentar introduzir o conceito do “tilt pélvico” à navegação na ATQ. Realizando a artroplastia desde 2003, com um método livre da TC (“Polaris Optical Localization System, Polaris, Northern Digital Instruments”), estudam 110 casos tentando adicionar o conceito do “tilt pélvico” ao palpar, em decúbito lateral, os posicionadores da mesa localizados anteriormente e posteriormente.

Egawa et al. (2005) relatam um caso de uma artroplastia total do quadril navegada livre de tomografia realizada num paciente com osteopetrose. Concluem ser a navegação um bom método auxiliar.

Hohl et al. (2005) analisam cinco diferentes métodos de navegação: “Navitrack” (“Zimmer”) baseado na TC, “Navitrack” (“Zimmer”) livre da TC, “Orthopilot” (“Aesculap”) livre da TC, “VectorVision” (“Brainlab”) baseado na TC e “Surgetics Station” (“Praxim-Medivision”) livre da TC; e comparam com o método a mão livre. Três diferentes cirurgiões, sem experiência com nenhum método navegado, posicionam cinco taças através de cada um dos seis métodos num modelo plástico. A variabilidade no grupo a mão livre é maior em relação a todos os cinco grupos navegados.

Kalteis et al. (2005) apresentam, pioneiramente, um trabalho prospectivo e randomizado comparando ATQs operadas à mão livre (22 casos) com ATQs navegadas com método livre de TC (23 casos - “VectorVision ct-free hip 3.1, BrainLAB AG, Heimstetten, Germany”). No grupo a mão livre a idade média é de 62,4 anos (50 a 77), o IMC médio 28,7 kg/m² (20 a 36), o tempo cirúrgico médio 77 minutos (40 a 120) e o volume de drenagem médio 409 ml de sangue (50 a 1090). No grupo navegado, a idade média é de 63,5 anos (50 a 79), o IMC médio 28,0 kg/m² (21 a 34), o tempo cirúrgico médio 85,3 minutos (62 a 102) e o volume de drenagem 358 ml de sangue (100 a 730). Dois cirurgiões operam os casos em decúbito dorsal horizontal através da via ântero-lateral (não é mencionado quantos em cada grupo cada cirurgião operou), com o objetivo de posicionar as taças em 45° de inclinação e 15° de anteversão. Através de

avaliação tomográfica pós-operatória e reconstrução tridimensional, medem a inclinação e a anteversão cirúrgicas de **Murray (1993)** e as convertem para os parâmetros radiográficos, a fim de comparar com a Zona de Segurança de Lewinnek. Não mencionam se na avaliação tomográfica o PPA é admitido como referência do plano coronal. A inclinação média no grupo navegado é de $45^{\circ} \pm 2,8^{\circ}$ (40° a 50°), enquanto a anteversão média é de $14,4^{\circ} \pm 5^{\circ}$ (5° a 25°). A inclinação média no grupo controle não navegado é de $42,3^{\circ} \pm 7,0^{\circ}$ (30° a 53°), enquanto a anteversão média é de $24^{\circ} \pm 15^{\circ}$ (-3° a $+51^{\circ}$). Mostram, portanto, um desvio médio dos ângulos objetivados menor no grupo navegado (diferença estatisticamente significativa). Relatam estarem dentro da zona de segurança 21 artroplastias, dentre as 23 do grupo navegado, e apenas 11 das 22 do grupo não navegado (diferença também estatisticamente significativa).

Kiefer e Othman, em 2005, descrevem a experiência de 60 casos navegados (“Orthopilot Version 2.0, B. Braun, Aesculap, Tuttlingen, Germany”), mostrando na análise radiográfica pós-operatória, conforme **Pradhan (1999)**, que 96,3% dos componentes acetabulares estão na Zona de Lewinnek. Não relatam complicações precoces do método.

Lazovic e Kaib, em 2005, estudam 1081 ATQs operadas de novembro de 2001 a junho de 2005 por diversos cirurgiões, através de diferentes métodos (convencional e sistema de navegação não baseado em TC). Todos são operados através da via lateral em decúbito dorsal horizontal, sendo relatado um melhor posicionamento da prótese no

método navegado em relação ao convencional (avaliação radiográfica), com poucas complicações e tempo cirúrgico 11 minutos em média maior com a técnica navegada.

Lembeck et al. (2005) enfatizam novamente que o “tilt pélvico” pode alterar bastante a anteversão do componente acetabular. Através de uma avaliação radiográfica de 30 voluntários nas posições deitado e em pé, demonstram uma variação da anteversão em média de 4° de uma posição para a outra. Entre os voluntários, mostram grande variação: -17° a +3° na posição deitado, e -27° a +3° na posição em pé.

Ottersbach e Haaker, em 2005, comparam radiograficamente a posição de 50 componentes acetabulares operados à mão livre com 50 navegados (“Orthopilot”), obtendo uma maior variabilidade no grupo operado a mão livre. O desvio médio dos objetivos no grupo navegado é 5,0° para a anteversão e 2,8° para a inclinação, enquanto no grupo a mão livre os valores são de 7,4° e 6,9°, respectivamente. As radiografias são padronizadas buscando o PPA conforme descrito por **Lewinnek et al. (1978)**.

Padgett et al. (2005) promovem um estudo prospectivo, avaliando o posicionamento da taça acetabular em 40 pacientes operados com a ajuda de um guia mecânico pelo mesmo cirurgião em decúbito lateral, através de uma via póstero-lateral, com o objetivo de posicionar o componente com 45° de inclinação. Três examinadores avaliam, através de radiografias ântero-posteriores, a inclinação, relatando um valor médio de 42,1° (satisfatório), mas com grande variação (23° a 57°). Concluem que muitos fatores podem alterar a posição do paciente na mesa cirúrgica, como movimentos

durante a antissepsia ou movimentos pelos afastadores, devendo o cirurgião não se basear somente nos guias mecânicos.

Tannast et al. (2005), através de avaliações radiográficas e tomográficas, concluem que a inclinação do componente acetabular pode ser adequadamente avaliada através de radiografias ântero-posteriores não padronizadas, não sendo possível tal afirmação para a anteversão. Esta varia consideravelmente com o “tilt pélvico”, podendo ser falsamente interpretada caso não seja avaliada em relação ao PPA.

Wixson e MacDonald, em 2005, comparam 82 artroplastias navegadas operadas através da via posterior minimamente invasiva com um grupo de 50 artroplastias não navegadas operadas pela mesma via de acesso. Com o objetivo de posicionar a taça entre 40° a 45° de inclinação e entre 17° e 23° de anteversão, relatam, através de análise radiográfica, que 30% do grupo navegado está dentro do objetivo, enquanto somente 6% do grupo não navegado alcança referido parâmetro (diferença estatisticamente significativa).

Archbold et al. (2006) introduzem outro parâmetro anatômico para auxiliar no correto posicionamento do componente acetabular: o ligamento transverso. Este ligamento, um tanto menosprezado até então, é utilizado para guiar a fresagem e a colocação do implante, tanto em relação à versão, quanto à profundidade, em 1000 ATQs operadas pelo mesmo cirurgião através da via póstero-lateral convencional ou minimamente invasiva, resultando em uma taxa bastante satisfatória de luxação: 0,6%.

Lazovic e Zigan, em 2006, relatam uma série de 28 casos de ATQ com componente femoral metafisário (“Metha, B. Braun Aesculap, Tuttlingen, Germany”), realizados através da técnica navegada (“Orhopilot THA 2.1”). Obtêm bom posicionamento acetabular através de avaliação radiográfica.

Kalteis et al. (2006a), avaliando o posicionamento acetabular num trabalho prospectivo e randomizado “por sorte”, dividem 90 pacientes em três grupos de 30 cada: posicionamento a mão livre, através da navegação baseada na TC pré-operatória (“VectorVision hip 3.0 system”) e com a navegação livre da TC pré-operatória (“VectorVision hip 3.0 landmark-based”). As cirurgias são realizadas por dois cirurgiões, operando o mesmo número de pacientes em cada grupo em decúbito dorsal horizontal, com o objetivo de posicionar a taça em 45° de inclinação e 15° de anteversão. Através de TC realizada com cinco a seis semanas de pós-operatório, promovem reconstrução tridimensional e medição da inclinação e anteversão cirúrgicas definidas por **Murray (1993)**. Para avaliar graficamente o posicionamento em relação à Zona de Segurança de Lewinnek, convertem estes parâmetros para os radiográficos (não mencionam se na avaliação tomográfica o PPA foi admitido como referência do plano coronal). No grupo a mão livre, relatam inclinação média de 43,7° +/- 7,3° (29° a 57°) e anteversão média de 22,2° +/- 14,2° (1° a 53°), com 53% dos componentes fora da zona de segurança; no grupo navegado baseado na TC, inclinação média de 41,6° +/- 4° (34° a 53°) e anteversão média de 10,7° +/- 5,3° (1° a 23°), com 17% fora da zona de segurança; e no grupo livre da TC, inclinação média de 43,2° +/- 4° (33° a 50°) e anteversão média

de $15,2^{\circ} \pm 5,5^{\circ}$ (5° a 25°), com 7% fora da zona de segurança. Mostram diferenças estatisticamente significativas nos desvios médios da inclinação e anteversão para os objetivos e no número de componentes fora da zona de segurança, a favor dos dois grupos navegados em relação ao grupo mão livre. Não evidenciam diferenças significativas entre os dois grupos navegados (baseado ou não na TC). Relatam aumento médio no tempo cirúrgico de 17 minutos no grupo navegado com TC e oito minutos no grupo navegado sem TC, quando comparados com o grupo mão livre. Advertem que a acurácia da navegação na artroplastia total do quadril realizada em decúbito lateral precisaria ser determinada em estudos adicionais.

Kalteis et al. (2006b) comparam o método de avaliação radiográfica de **Widmer e Grützner (2004)** com a TC ao avaliar 31 pacientes operados. Na TC, reconstroem o PPA, admitem-no como referência do plano coronal e medem a anteversão e a inclinação cirúrgicas conforme o método de **Murray (1993)**. Ao comparar as duas avaliações, relatam boa acurácia do método radiográfico na avaliação da inclinação, porém má acurácia na avaliação da anteversão. Concluem ser o método de **Widmer e Grützner (2004)** inadequado e que a avaliação tomográfica, conforme realizada, é o método “golden standard”.

Kanesaki et al. (2006) relatam o primeiro caso operado com o novo “software Orthopilot” para acetábulo displásico em maio de 2006. Com avanços específicos para os casos displásicos em relação aos casos normais (registro da gota de lágrima, parede posterior e parede medial acetabular), confirmam radiograficamente o bom

posicionamento acetabular (média de 45° de inclinação e 14,5° de anteversão). A opinião pessoal do primeiro autor (Kanesaki) é que a navegação será em breve padronizada para casos complicados como as displasias.

Kanlic et al. (2006) publicam artigo valorizando a navegação da ATQ ao enfatizar o grande benefício de diminuir os casos de luxação da artroplastia. Concluem dizendo que a navegação se tornará uma técnica rotineira na cirurgia ortopédica.

Marx et al. (2006) avaliam o posicionamento de 42 componentes acetabulares através de TC e de diversos métodos radiográficos relatados que calculam a anteversão planar (**Ackland et al., 1986; Hassan et al., 1998; Pradhan, 1999; Widmer, 2004**), demonstrando variação substancial em todos os métodos radiográficos. Hipotetizam que contraturas em flexão do quadril operado, patologias do quadril contralateral ou patologias lombares podem causar distorções nestas avaliações. Concluem dizendo ser o método radiográfico para a mensuração da anteversão planar muito impreciso para avaliar a correta anteversão da taça acetabular após a ATQ.

Minoda et al. (2006) analisam retrospectivamente uma grande amostra de 834 ATQs operadas a mão livre, entre 1993 e 2003. Através da avaliação radiográfica (radiografia em ântero-posterior), mostram ângulos médios de inclinação de 44,4° (25° a 66°) e anteversão de 17,9° (0° a 37°). Ao combinar os dois ângulos, observam que 27,8% dos componentes estão fora da Zona de Lewinnek, valor menor do que outros trabalhos publicados até então. Não encontram relação entre 28 casos que evoluíram com luxação

(3,4%) e a posição de acordo com a zona de segurança. Como observações finais, dizem ser o método radiográfico menos acurado que o tomográfico para avaliar o posicionamento e que a navegação deve ser considerada principalmente para casos mais difíceis, como as displasias acetabulares.

Murphy et al. (2006) apresentam uma nova técnica minimamente invasiva, comparando um grupo de 185 cirurgias navegadas com tal técnica com outro grupo de 189 cirurgias, estas realizadas através da via tradicional transglútea sem a navegação. Relatam melhores resultados funcionais no grupo minimamente invasivo e navegado e adequadas inclinações acetabulares avaliadas radiograficamente nos dois grupos. Não avaliam a anteversão.

Sotereanos et al. (2006) descrevem três pontos ósseos anatómicos que guiam o posicionamento dos componentes acetabulares em 617 ATQs, realizadas entre 1996 e 2003, tendo um índice de luxação bastante satisfatório: 0,81%. São eles o ponto inferior do sulco acetabular do ísquio (adjacente à parede acetabular posterior), a proeminência da porção lateral do ramo púbico superior (localizada a cerca de cinco mm da parede acetabular anterior) e o ponto mais superior do teto acetabular (correspondente ao ponto radiográfico mais lateral do acetábulo). Relatam ser pontos relativamente fáceis de encontrar e não se alterarem com a formação de osteófitos. Em 150 ATQs, avaliam o posicionamento conforme **Widmer e Grützner (2004)**, obtendo inclinação média de 44,4° (24° a 58°) e anteversão média de 13,2° (1° a 25°). Por fim, não recomendam utilizar este método nos casos de displasia ou secundários a fraturas acetabulares.

Spencer et. al. (2006), com o objetivo de avaliar a acurácia na obtenção do PPA utilizando a navegação livre da TC, desenvolvem um estudo cadavérico utilizando dispositivo fixo, sendo a única variável o PPA. Oito cirurgiões estabelecem o PPA dez vezes cada e, ao final, este é corretamente definido pelo investigador principal através de parafusos posicionados perfeitamente nos pontos anatômicos da pelve. Encontram variações na obtenção do PPA significativas entre os diferentes cirurgiões: variação média para anteversão de $9,6^\circ$ e variação média para inclinação de $6,3^\circ$. Concluem que o método para a obtenção do PPA precisa ser melhorado.

Walde e Walde, em 2006, mostram resultados preliminares da ATQ navegada (“Orthopilot THA 2.1”) realizada através da via minimamente invasiva (ântero-lateral modificada). Sem complicações específicas da navegação, relatam ser a associação dos métodos promissora.

Weil et al. (2006) mostram casuística de 10 cirurgias realizadas através da técnica minimamente invasiva de duas incisões com sistema híbrido de navegação livre da TC associado à radioscopia (“Medtronic Navigation Technologies Stealth Station ION Fluoroscopic Navigation System”). Com tempo médio de 150 minutos (105 a 200 minutos), relatam boa evolução funcional e inclinação radiográfica média de $45,5^\circ$ (39° a 48°). Não avaliam a anteversão.

Braun et al. (2007) descrevem as indicações e contra-indicações da artroplastia total do quadril com a haste femoral metafisária (“Metha”), enfatizando a utilidade da navegação para garantir bons parâmetros de “offset” femoral, comprimento dos membros inferiores e amplitude de movimento ao escolher o colo femoral adequado.

Cobb et al. (2007) avaliam a navegação na curva de aprendizado da ATQ de recapeamento, dividindo 20 estudantes em três grupos que realizam três tarefas em diferentes ordens: instrução sobre a técnica, planejamento com tomografia e navegação. Após cada tarefa, o estudante posiciona o fio guia através da cabeça e do colo femoral em um modelo plástico. O erro médio na instrução sobre a técnica é de 23°, no planejamento tomográfico é de 22°, e na navegação é de 7°. A navegação é, pois, superior aos outros dois métodos (diferença estatisticamente significativa).

Dorr et al. (2007) realizam um estudo com dois objetivos: avaliar a acurácia da navegação com TC pós-operatória e a precisão do cirurgião ao posicionar o componente de prova acetabular. Operam 101 pacientes através da navegação livre da tomografia (“Navitrack, Orthosoft, Montreal, Canada”). Realizam em 30 pacientes TC pós-operatória e, após calcular os ângulos de inclinação e anteversão radiográficos de **Murray (1993)**, comparam com os ângulos do navegador obtendo boa precisão. Numa segunda fase, avaliam a estimativa da anteversão e inclinação do componente de prova que o cirurgião coloca antes de navegar e comparam com os parâmetros navegados do componente de prova acetabular, mostrando maior precisão do método navegado.

Ecker et al. (2007) avaliam 307 ATQs realizadas com a navegação baseada na TC pré-operatória (“VectorVision”). No período pós-operatório, avaliam a inclinação através de radiografias obtendo um adequado posicionamento. Não analisam a anteversão. Mencionam que a TC pós-operatória seria o método mais adequado para a avaliação.

Gofton et al. (2007) avaliam os efeitos da navegação na ATQ no treinamento de cirurgiões não ortopedistas. Dividem 45 voluntários em três grupos: navegação, treinamento convencional e conhecimento dos resultados (neste último grupo eles aprendem dicas técnicas da artroplastia). O grupo com treinamento navegado mostra maior precisão durante o aprendizado, especialmente na fase inicial.

Haaker et al. (2007) apresentam um estudo retrospectivo comparando, através de TC pós-operatória, dois grupos: grupo 1 com 69 pacientes operados previamente a mão livre e submetidos à TC para o planejamento da ATQ contra-lateral; e grupo 2 com 98 pacientes operados através do método navegado baseado na TC pré-operatória (“SurgiGATE”). Avaliam a inclinação acetabular através do ângulo da abertura da taça acetabular projetado no plano coronal (inclinação radiográfica) e a anteversão, através do ângulo da abertura da taça acetabular projetado no plano axial (anteversão anatômica). Com o objetivo de posicionar os componentes com 45° de inclinação e 20° de anteversão, relatam um resultado significativamente melhor no grupo navegado, com média de 43° de inclinação (30° a 58°) e 22,2° de anteversão (5° a 38°), em relação ao

grupo não navegado, com média de 45,7° de inclinação (26° a 64°) e 28,5° de anteversão (9° a 53°).

Jingushi et al. (2007) mostram um relato de caso no qual a navegação auxilia a correção da discrepância dos membros inferiores numa paciente de 51 anos com grande displasia acetabular.

Judet, em 2007, compara dois grupos operados através da via anterior minimamente invasiva: um com 40 cirurgias não navegadas, e outro com 38 cirurgias navegadas. O grupo navegado mostra menor variabilidade e maior reprodutibilidade.

Kepler et al. (2007) apresentam um novo sistema de navegação associando a ultrassonografia (“Telemed Echoblaster 128, Telemed, Vilnius, Lithuania”) ao sistema livre de TC “Orthopilot”, para a palpação do PPA. Obtêm, num modelo plástico experimental, grande acurácia nos parâmetros de comprimento, eixos e ângulos da ATQ.

Kiefer e Othman (2007a) mostram a casuística de 100 pacientes operados em decúbito dorsal horizontal com o auxílio da navegação livre da TC (“Orthopilot THA 2.0”), que utilizava um clampe em “C” no fêmur proximal. Através da avaliação radiográfica com o método de **Pradhan (1999)**, relatam 98% das taças estarem em ângulos de 42,5° de inclinação (32,5° a 52,5°) e 10° de anteversão (0° a 20°).

Kiefer e Othman (2007b) analisam 37 pacientes operados com o navegador “Orthopilot 2.1”, com obtenção do PPA pela palpação tradicional e associado à ultrassonografia. Concluem que a ultrassonografia é um método mais acurado e a avaliação radiográfica pós-operatória não é um bom método para determinar a posição do componente. Denominam o sistema de “Sistema de Navegação Baseado na Ultrassonografia”.

Malik e Dorr, em 2007, demonstram ser a cirurgia minimamente invasiva uma técnica segura, e enfatizam a necessidade de instrumentos adequados para a cirurgia, destacando a importância da navegação.

Miki et al. (2007), utilizando o sistema navegado na artroplastia total do quadril, demonstram grande amplitude de movimento: flexão média de 95°, extensão de 10°, abdução de 30°, rotação interna de 52° e rotação externa de 21°. Concluem que a navegação tem uma grande utilidade para avaliar a amplitude de movimento no momento da artroplastia.

Ohashi et al. (2007) mostram a casuística de 41 ATQs realizadas em acetábulo displásicos com o “Orthopilot” modificado para displasia relatado por **Kanesaki et al. (2006)**. Através de avaliação radiográfica pós-operatória (radiografias ântero-posteriores com o paciente em decúbito dorsal horizontal), concluem terem obtido bom posicionamento, relatando que 90,2% das taças estão dentro da Zona de Lewinnek. Não levam em consideração o PPA.

Parratte e Argenson, em 2007, num trabalho prospectivo e dito randomizado, operam 60 pacientes, entre abril de 2004 e abril de 2005, e os dividem em dois grupos de 30: um operado com guia mecânico, e outro operado com navegação livre de TC (“Praxim Medivision, Grenoble, France”). Fazem TC pós-operatória em todos os casos. Os critérios de inclusão são idade entre 20 e 80 anos, indicação de artroplastia primária do quadril e peso menor que 100kg. Todas as cirurgias são realizadas pelo cirurgião sênior (Argenson), em decúbito dorsal horizontal através da via ântero-lateral. A randomização é realizada pelo Departamento de Informática do Hospital, através de um método sistemático de amostragem, porém para cada paciente randomizado para o grupo navegado, um segundo é selecionado de um grupo de oito para o grupo não navegado, pareando o sexo, a idade, a condição patológica, o lado a ser operado e o IMC. Obtêm, assim, dois grupos absolutamente homogêneos, com 16 homens e 14 mulheres em cada, 14 lados direito e 16 lados esquerdo em cada, idade média 61,2 anos (24 a 80) no grupo navegado e 62,6 anos (26 a 78) no grupo não navegado e IMC médio de 25,6 kg/m² (17 a 37 kg/m²) no grupo navegado e 25,2 kg/m² (19,53 a 38,2 kg/m²) no grupo não navegado. A avaliação tomográfica é realizada um mês após a cirurgia por um observador independente, admitindo o PPA como referência do plano coronal e segundo as definições de **Murray (1993)**. No grupo navegado, obtêm médias de inclinação cirúrgica, radiográfica e anatômica respectivas de 32° +/- 4,8° (25° a 45°), 34° +/- 5,7° (25° a 45°), e 40° +/- 5° (27° a 47°); e médias de anteversão cirúrgica, radiográfica e anatômica respectivas de 14,8° +/- 4,6° (6° a 23°), 14,4° +/- 4,6° (6° a 23°), e 18,6° +/- 5° (9° a 27°). No grupo não navegado, obtêm médias em graus de inclinação cirúrgica,

radiográfica e anatômica respectivas de $32^{\circ} \pm 7,1^{\circ}$ (21° a 48°), $34^{\circ} \pm 7,62^{\circ}$ (24° a 45°), e $38^{\circ} \pm 8^{\circ}$ (28° a 55°); e médias de anteversão cirúrgica, radiográfica e anatômica respectivas de $16,6^{\circ} \pm 10,4^{\circ}$ (0° a 37°), $16,2^{\circ} \pm 9,6^{\circ}$ (2° a 35°), e $20,6^{\circ} \pm 10^{\circ}$ (2° a 39°). A variação comparando os dois grupos é menor no grupo navegado tanto para a inclinação quanto para a anteversão (diferença estatisticamente significativa). Na avaliação dos casos fora da Zona de Segurança de Lewinnek (não deixam claro quais ângulos foram avaliados), relatam estarem 20% das taças navegadas contra 57% das não navegadas (diferença estatisticamente significativa). Relatam tempo cirúrgico em média 12 minutos maior no grupo navegado e dificuldade de palpação dos pontos do PPA nos pacientes obesos. Não mostram nenhuma complicação neurovascular e nenhuma luxação com um ano de acompanhamento. Numa comparação entre os sexos, não obtêm nenhuma diferença tanto para os ângulos de anteversão quanto para os de inclinação.

Schmerwitz, em 2007, mostra uma série de 25 casos operados com o novo programa do navegador “Orthopilot” (“THAplus for Orthopilot, B. Braun Aesculap, Tuttlingen, Germany”), onde o clampe em “C” para o fêmur proximal é substituído pela palpação do trocânter maior, evitando a necessidade de uma incisão grande para posicionar o clampe. Com o novo programa, que permite avaliar no período intra-operatório o comprimento dos membros inferiores e o “offset” femoral, analisa estes dois últimos parâmetros, obtendo bons resultados.

Sugano et al. (2007) comparam um grupo de 60 ATQs de cerâmica, com o mínimo de cinco anos de seguimento, realizadas com navegação baseada na TC pré-operatória (“Optotrak Unix-based Sun Ultra-Spark, Sun Microsystems, Santa Clara, California”), entre abril de 1998 e abril de 2001, com 111 ATQs de cerâmica realizadas no mesmo período a mão livre. Seis cirurgiões realizam os procedimentos (não relatam quantos em cada grupo cada cirurgião operou). Com o objetivo de posicionar a taça acetabular com 40° de inclinação e 20° de anteversão, mostram com avaliação radiográfica pós-operatória que nenhum caso navegado está fora da Zona de Lewinnek, enquanto 31 das 111 não navegadas estão (diferença com significância estatística). A avaliação é realizada com radiografias ântero-posteriores sem levar em consideração o PPA. No grupo navegado não encontram nenhuma luxação e nenhuma discrepância dos membros inferiores, enquanto no grupo não navegado observam sete luxações e 11 casos com discrepância, diferenças também estatisticamente significantes. Não encontram relação entre as luxações e a zona de segurança. O tempo cirúrgico é significativamente maior no grupo navegado (média de 169 minutos) que no grupo não navegado (média de 111 minutos).

Vail e Callaghan, em 2007, numa análise de todos os métodos minimamente invasivos de artroplastia total do quadril, concluem que a união da cirurgia minimamente invasiva com a navegação possui o potencial de aumentar as informações para o cirurgião que opera num campo visualmente menor, podendo melhorar a acurácia da implantação dos componentes.

Widmer, em 2007, discorre sobre o conflito existente entre o conceito de contensão ou cobertura adequada do componente acetabular e o da zona de segurança. Ambos são desejados, mas um pode interferir negativamente no outro (uma taça posicionada mais verticalmente e assim com boa cobertura pode estar numa posição fora da zona de segurança). Assim, recomendam buscar uma adequada cobertura, respeitando a zona de segurança, podendo a navegação auxiliar na obtenção deste objetivo.

Ybinger et al. (2007), num trabalho prospectivo envolvendo 4 centros da Alemanha e Áustria, comparam, em 37 ATQs realizadas com a navegação livre da TC (“PiGalileo THR, Plus Orthopedics, Aarau, Switzerland”), o posicionamento intra-operatório do navegador, com os ângulos radiográficos definidos por **Murray (1993)** em TCs pós-operatórias (não usam, porém, o PPA como referência do plano coronal). Observam uma diferença média de $3,5^{\circ}$ para a inclinação ($0,2^{\circ}$ a $12,7^{\circ}$) e de $6,5^{\circ}$ para a anteversão ($0,4^{\circ}$ a $13,4^{\circ}$). Medem também a espessura das partes moles sobre as espinhas ilíacas ântero-superiores (média de 33 mm) e sobre os tubérculos púbicos (média de 47 mm), encontrando associações entre a diferença da inclinação com a espessura das partes moles sobre as espinhas ilíacas, e entre a diferença da anteversão e a espessura das partes moles sobre os tubérculos púbicos.

Ybinger e Kumpan, em 2007, numa análise da técnica navegada, enfatizam a necessidade do correto posicionamento dos componentes para evitar a luxação e aumentar a longevidade da ATQ. Mencionam o debate entre os autores sobre qual seria a correta posição: **Lewinnek et al. (1978)** com 5° a 10° graus de anteversão e 30° a 50°

de inclinação, **McCollum e Gray (1990)** com 20° a 40° de anteversão e 30° a 50° graus de inclinação, ou **Kummer et al. (1999)** com 0° a 10° de anteversão e 35° a 45° de inclinação. Advertem quanto à inadequada avaliação da posição quando realizada através da radiografia, e por fim dizem ser a navegação livre da tomografia um método que não necessita de curva de aprendizado.

Babisch et al. (2008) publicam artigo analisando a importância do “tilt pélvico” no cálculo da desejada posição acetabular. Medem, inicialmente, o “tilt pélvico” com TC nas posições supina e ortostática. Através desta análise, propõem um programa que converte os valores desejados para valores navegados intra-operatoriamente, auxiliando o cirurgião. Implantam as taças em 98 pacientes na melhor posição possível de acordo com o “tilt pélvico” (diferentes posições de acordo com o “tilt pélvico” de cada paciente). Não observam nenhuma luxação e realizam TC pós-operatória em 72 casos, analisando os dados no plano anatômico e confirmando o bom posicionamento desejado. Encontram na primeira análise uma média de variação do “tilt pélvico” de 5,4° da posição supina para a ortostática (máxima de 10°). Cada 5° de variação do “tilt pélvico” altera aproximadamente 4° na anteversão e 1,5° na inclinação. Concluem que os métodos de navegação até então ignoram a avaliação do “tilt pélvico”, que pode ser importante na vida do paciente com artroplastia de quadril.

Confalonieri et al. (2008) avaliam retrospectivamente a realização da artroplastia com componente femoral metafisário em dois grupos de 22 pacientes cada, operados entre abril de 2006 e janeiro de 2008: um com navegador e outro a mão livre.

Relatam menor diferença na discrepância dos membros inferiores e melhor “offset” da prótese a favor do grupo navegado, ambos com significância estatística.

Fukunishi et al. (2008) comparam resultados intra-operatórios de 27 ATQs navegadas (“Orthopilot”) com medições através de TCs pós-operatórias reconstruindo o PPA. Obtêm intra-operatoriamente ângulos de inclinação médios de $43,5^{\circ} \pm 2,17^{\circ}$ ($39,9^{\circ}$ a $46,6^{\circ}$), e no período pós-operatório de $44,9^{\circ} \pm 3,3^{\circ}$ ($38,1^{\circ}$ a 55°); e intra-operatoriamente ângulos de anteversão médios de $11,1^{\circ} \pm 5,6^{\circ}$ (0° a $17,8^{\circ}$), e pós-operatoriamente de $13,5^{\circ} \pm 5,9^{\circ}$ ($5,1^{\circ}$ a $21,6^{\circ}$). Não mencionam quais foram os ângulos avaliados na tomografia (cirúrgicos, radiográficos ou anatômicos). Concluem que existe uma boa acurácia na navegação.

Gravius et al. (2008) realizam um estudo com seis cadáveres posicionando artroplastias de recapeamento com a navegação (“Surgitaix AG Aachen, Germany”). Mostrando grande acurácia, acreditam ser o método promissor.

Hakki et al. (2008) propõem uma nova técnica para auxiliar o posicionamento do componente acetabular, não baseada no plano pélvico anterior (PPA). Operando 34 pacientes com o navegador “Orthopilot”, com os pacientes na posição lateral através da via de acesso ântero-lateral, utilizam intra-operatoriamente dois programas: o sistema tradicional de palpação do PPA e também o novo sistema chamado de “ACA” (“Acetabular Center Axis”). Este novo método de navegação busca a posição acetabular através da palpação intra-operatória das paredes acetabulares superior, anterior e

posterior. Pós-operatoriamente, realizam análise tomográfica, evidenciando resultado estatisticamente superior a favor do novo método (“ACA”) na determinação da anteversão (não mencionam quais ângulos avaliam na tomografia). Na avaliação da inclinação, não encontram diferença estatisticamente significativa.

Hart et al. (2008) publicam um estudo prospectivo e randomizado avaliando radiograficamente o componente femoral na artroplastia tipo recapeamento. Dividem os pacientes em dois grupos de 30 pacientes cada, operados convencionalmente ou com navegação, mostrando melhor acurácia no grupo navegado (diferença com significância estatística).

Hasart et al. (2008) comparam radiograficamente dois grupos de 30 pacientes cada, operados pelo mesmo cirurgião em decúbito dorsal horizontal, através de uma via minimamente invasiva ântero-lateral e método navegado: um grupo com a navegação tradicional (palpação dos pontos do PPA) e outro com a palpação dos pontos auxiliada pela ultrassonografia. Relatam serem ambos os métodos adequados para a medição do posicionamento e da discrepância dos membros inferiores. O objetivo da anteversão é, entretanto, melhor obtido no grupo auxiliado pela ultrassonografia.

Lee e Yoon, em 2008, estudam como a má aquisição do PPA pode afetar o posicionamento na navegação livre da tomografia. Com um modelo plástico da pelve e o navegador “Orthopilot”, promovem a palpação das duas espinhas ilíacas ântero-superiores e da sínfise púbica, posicionando uma borracha de um cm de espessura em

cada um destes três pontos em cada medição (simulando um erro do cirurgião em um ponto de cada vez). Obtêm variação importante da anteversão ao palpar erradamente os três pontos, e variação importante da inclinação ao palpar erradamente a espinha íliaca ântero-superior ipsi-lateral. Concluem que o método de aquisição do PPA precisa ser melhorado.

Mainard, em 2008, compara um grupo de 42 ATQs operadas sem navegação, entre abril de 2000 e dezembro de 2001, com um grupo de 42 artroplastias navegadas (“Orthopilot”), entre setembro de 2006 e dezembro de 2007. Opera todos os casos em decúbito semi-lateral através de uma via lateral direta. Promovendo avaliação radiográfica (não menciona o PPA ou como foram realizadas as radiografias), conclui estarem dentro da Zona de Segurança de Lewinnek 90% das taças navegadas e 50% das não navegadas (diferença estatisticamente significativa). Avalia também a discrepância dos membros inferiores, e não obtém diferença estatisticamente significativa (médias de 9,2 mm nas não navegadas e 8,5 mm nas navegadas). Relata duas falhas metodológicas: avaliação radiográfica, que é imprecisa, e falta de randomização.

Murtha et al. (2008) realizam, através de TC, análise do acetábulo normal de 42 pacientes: em 22 mulheres encontram variações de inclinação de 50,7° a 66,8°, e anteversão de 14° a 33,3°; em 20 homens encontram variações de inclinação de 47,7° a 65,9°, e anteversão de 8,5° a 32,3°. Concluem que a anatomia acetabular pode não ser um bom parâmetro caso o cirurgião busque o posicionamento conforme a Zona de Lewinnek.

Beckmann et al. (2009) publicam uma metanálise promovendo uma extensa investigação a respeito da navegação. Avaliam as bases de dados “Medline”, “Embase”, “SciSearch”, “Cinahl” e “Cochrane” de janeiro de 1976 a agosto de 2007, e realizam buscas manuais nos periódicos *Journal of Bone and Joint Surgery*, *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *Journal of Arthroplasty* e *Acta Orthopaedica*. Buscam artigos que comparam os métodos convencional e navegado, focando na inclinação, anteversão e Zona de Lewinnek. De 363 citações iniciais, chegam a cinco artigos analisados: **Leenders et al. (2002)**, **Stipcak et al. (2004)**, **Ottersbach et al. (2005)**, **Kalteis et al. (2006a)** e **Parratte e Argenson (2007)**. Qualificam sua qualidade metodológica como moderada, visto que de todos estes trabalhos apenas o de **Kalteis et al. (2006a)** promove uma randomização (“por sorte”). Mencionam que os trabalhos de **Leenders et al. (2002)** e **Parratte e Argenson (2007)**, apesar de ditos randomizados, são na verdade uma análise pareada de casos. Analisando estes cinco artigos, não obtêm diferença estatisticamente significativa na inclinação média e na anteversão média. Obtêm, entretanto, diferença estatisticamente significativa na redução da variabilidade, tanto da inclinação quanto da anteversão, bem como no número de casos posicionados fora da Zona de Segurança de Lewinnek, todos favoráveis à navegação. Concluem, pois, que a metanálise demonstra claramente vantagem da navegação em relação à técnica convencional no posicionamento acetabular da ATQ.

Dorr et al. (2009) introduzem na navegação o conceito da “anteversão combinada”, mostrando a casuística de 47 ATQs. Navegando todas as taças e com o objetivo de obter uma anteversão combinada (taça acetabular e haste femoral) entre 25° e 50°, intra-operatoriamente o cirurgião avalia a posição da haste e grava o resultado no navegador com a tela coberta. Tal valor é anotado, a tela é descoberta e a haste posicionada pelo navegador. Realizadas TCs pós-operatórias, tomam o PPA como referência do plano coronal e calculam os ângulos radiográficos conforme a orientação de **Murray (1993)**, mostrando maior precisão da navegação. Obtêm o objetivo da anteversão combinada em 96% dos casos.

Dorr e Deshmane, em 2009, publicam artigo enfatizando que o adequado posicionamento dos componentes é o principal fator técnico dependente do cirurgião para se evitar complicações. Mencionam que a precisão é aumentada com a navegação e provavelmente ainda seria mais acurada com um próximo passo: a prótese robótica, onde, além do planejamento, a artroplastia seria realizada por um braço robótico guiado pelo cirurgião.

Gandhi et al. (2009) publicam uma metanálise, incluindo artigos, publicados ou não, que comparem os métodos navegado e sem navegação, de maneira randomizada, avaliando o número de casos fora da Zona de Lewinnek. Analisam de 1996 a 2007 os bancos de dados “Medline”, “Embase” e “Cochrane Database of Systematic Reviews”. De um número inicial de 384 artigos, selecionam somente três: **Leenders et al. (2002)**, **Kalteis et al. (2006a)** e **Parratte e Argenson (2007)**. O grupo navegado consiste de 140

pacientes com idade média de 62,1 anos e IMC médio de 26,9 kg/m². O grupo controle (não navegado) consiste de 110 pacientes com idade média de 64,2 anos e IMC médio de 27,2 kg/m². Estão fora da Zona de Lewinnek 10,7% das artroplastias navegadas e 41,8% das artroplastias não navegadas, diferença esta estatisticamente significativa. Concluem dizendo que mais trabalhos de boa qualidade metodológica precisam ser realizados, pois somente três estudos randomizados foram encontrados.

Hasart et al. (2009) publicam a casuística de 25 pacientes operados pelo mesmo cirurgião, com o paciente em decúbito dorsal horizontal através de uma via de acesso minimamente invasiva ântero-lateral, com a navegação baseada na ultrassonografia (“Orthopilot THAplus”). Realizando TC pós-operatória entre o quinto e o décimo dia, promovem reconstrução tridimensional, determinação do PPA e, através de programa específico (“AMIRA, Mercury Computer Systems, Chelmsford, Massachusetts”), calculam os ângulos de anteversão e inclinação. Obtém erro médio na medição intra e pós-operatória da inclinação de 2,8° +/- 1,8° (0,3° a 6,5°) e erro médio na medição intra e pós-operatória da anteversão de 2,2° +/- 1,8° (0,19° a 7°), mostrando boa acurácia do sistema. Avaliando a Zona de Lewinnek, obtêm dois casos (8%) de mau posicionamento e nenhuma luxação. Concluem que o método é preciso e útil, principalmente em pacientes obesos, onde é difícil a palpação do PPA.

Najarian et al. (2009) avaliam, através de radiografias ântero-posteriores da pelve e laterais do quadril, 149 ATQs divididas em três grupos: grupo um com 53 pacientes, operados com guia mecânico; grupo dois com 49 pacientes, operados com

navegador livre da TC (“Stryker Imageless Navigation System, Stryker, Kalamazoo, Mich”); e grupo três com 47 pacientes, operados com o mesmo navegador (segunda fase após o aprendizado do grupo dois). O mesmo cirurgião opera todos os casos através de uma via posterior minimamente invasiva, com o paciente em decúbito lateral, objetivando posicionar a taça em 20° de anteversão e 45° de inclinação. Não observam diferenças estatisticamente significantes entre os grupos em relação à idade e IMC (não mencionam o sexo). A anteversão média no grupo um é de 20,9° +/- 9,1° (1° a 38°), no grupo dois é de 24,1° +/- 7,3° (7° a 40°) e no grupo três é de 25,1° +/- 5,9° (13° a 36°). A inclinação média no grupo um é de 47,5° +/- 6,7° (34° a 70°), no grupo dois é de 44,1° +/- 6,2° (30° a 58°) e no grupo três é de 45,5° +/- 4,7° (30° a 56°). A variação média em relação ao objetivo da anteversão no grupo um é de 9,1° +/- 1,2° (-19° a +18°), no grupo dois é de 7,3° +/- 1,0° (-18° a +15°) e no grupo três é de 5,9° +/- 0,8° (-15° a +9°). O resultado é estatisticamente significativo entre os grupos um e três (a favor do grupo três) e entre os grupos dois e três (também a favor do grupo três), e igual entre os grupos um e dois. A variação média em relação ao objetivo da inclinação no grupo um é de 6,7° +/- 0,9° (-11° a +25°), no grupo dois é de 6,1° +/- 0,9° (-15° a +13°) e no grupo três é de 4,7° +/- 0,7° (-15° a +11°). O resultado é estatisticamente significativo entre os grupos um e dois (a favor do grupo dois), entre os grupos um e três (a favor do grupo três) e entre os grupos dois e três (a favor do grupo três). Relatam estarem fora da zona de segurança (10° para mais ou para menos dos objetivos) 34% no grupo um, 18,4% no grupo dois e 12,8% no grupo três. Seus resultados mostram que existe uma curva de aprendizado para a navegação. Como limitação do estudo, frisam que a avaliação radiográfica não é

precisa, mas satisfatória para o estudo tendo sido o objetivo realizar uma “medição relativa”.

Steppacher et al. (2009) propõem uma técnica que equipara medidas tridimensionais tomográficas a medidas bidimensionais radiográficas, aferindo com consistência através da radiografia o posicionamento do componente acetabular. Trata-se de um procedimento totalmente automatizado (“software HipMatch”), no qual o programa utiliza uma TC pré-operatória para projetar o PPA numa radiografia ântero-posterior padronizada, e calcula o posicionamento do componente acetabular através do método de **Ackland et al. (1986)**. Realizando análises em 20 quadris cadavéricos e 25 quadris de pacientes, mostram boa acurácia, consistência e reprodutibilidade do método. Como críticas mencionam o problema dos artefatos metálicos que podem atrapalhar as medidas, bem como o método de **Ackland et al. (1986)**, que depende da definição correta da elipse do componente acetabular.

Wan et al. (2009) mencionam os inúmeros erros de autores passados, ao calcularem diferentemente os ângulos de **Murray (1993)**, através de radiografias ou TCs e os compararem à Zona de Lewinnek. Frisam que este último definiu sua zona de segurança, amplamente referenciada, com radiografias padronizadas no PPA. Assim, para que a comparação possa ser realizada com a Zona de Lewinnek, os trabalhos devem calcular os ângulos de **Murray (1993)** admitindo o PPA como referência do plano coronal. Enfatizam ainda que, para uma adequada avaliação, devem ser analisados sempre a anteversão combinada e o “tilt pélvico”.

Callanan et al. (2010), analisando o posicionamento do componente acetabular de 1823 quadris com radiografias ântero-posteriores e laterais, mostram valores inadequados em 50% dos casos. Como fatores preditores de mau posicionamento acetabular mencionam a via de acesso minimamente invasiva, a inexperiência do cirurgião e a obesidade.

Moskal e Capps, em 2010, publicam artigo de revisão, avaliando todas as técnicas para posicionar melhor o componente acetabular da artroplastia. Relatam que, apesar dos avanços dos materiais, com cabeças maiores e mais estáveis, nada é capaz de corrigir um mau posicionamento. Os métodos para posicionar corretamente passam por: guias mecânicos; marcas anatômicas (método denominado de “Morfologia Específica do Paciente” ou “MEP”), como as paredes acetabulares, os pontos pélvicos (**Sotereanos et al., 2006**) ou o ligamento acetabular transverso (**Archbold et al., 2006**); navegação baseada no PPA; ou mais recentemente e ainda em desenvolvimento, a associação entre o método MEP e a navegação.

Queiroz et al. (2010) publicam, pioneiramente em nosso meio, o resultado de uma série de 36 ATQs realizadas com o auxílio do sistema de navegação “Orthopilot”. Realizam uma comparação dos dados intra-operatórios mostrados pelo computador com tomografias e escanometrias realizadas no período pós-operatório. Na análise estatística, não encontram diferença significativa entre os valores obtidos para anteversão acetabular, inclinação acetabular e anteversão femoral. Encontram diferença

significativa entre os valores intra-operatórios do comprimento do membro operado e os valores obtidos com as escanometrias. Concluem que o navegador é um acessório à ATQ, com acurácia adequada para o posicionamento dos implantes femoral e acetabular, porém com restrição quanto à confiabilidade do navegador para a determinação do comprimento do membro operado.

Reininga et al. (2010) mostram uma recente metanálise avaliando a cirurgia minimamente invasiva e a cirurgia assistida pelo computador (navegação). Avaliam os bancos de dados de “PubMed”, “Medline”, “Embase” e “OvidSP” de 1995 a maio de 2009, buscando trabalhos metodológicos de boa qualidade. Em relação à navegação encontram três trabalhos que julgam ser de alta qualidade metodológica: **Leenders et al. (2002)**, **Kalteis et al. (2006a)** e **Parrate e Argenson (2007)**; e quatro trabalhos que julgam ser de média qualidade: **Kalteis et al. (2005)**, **Wixson e MacDonald (2005)**, **Sugano et al. (2007)** e **Najarian et al. (2009)**. Avaliando estes sete trabalhos, concluem haver forte evidência de pequeno aumento do tempo cirúrgico nas cirurgias navegadas, limitada evidência na perda sanguínea operatória, e fortes evidências em não haver diferença nas complicações e no menor número de componentes fora da Zona de Segurança de Lewinnek, resultados estes favoráveis à navegação.

Ryan et al. (2010) mostram uma série de 26 casos operados através da navegação livre da TC (“Ci System, Feldkirchen, Germany”), avaliando os ângulos com tomografia pós-operatória. Através das medidas dos ângulos cirúrgicos de **Murray (1993)**, obtêm boa acurácia e precisão com a navegação.

Steppacher et al. (2010) desenvolvem um dispositivo mecânico de navegação (“HipSextant”) para auxiliar no posicionamento do componente acetabular. O instrumento, que possui dois braços reguláveis, é ajustado para cada paciente baseando-se numa TC pré-operatória. No momento intra-operatório, o instrumento é colocado e apoiado em três pontos ósseos determinados, guiando então a colocação da taça acetabular. Comparando 70 casos operados com o dispositivo com 146 casos operados através da navegação baseada em TC pré-operatória, demonstram superioridade do método na acurácia do posicionamento acetabular e no menor tempo cirúrgico.

Zhu et al. (2010) estudam o “tilt pélvico” em 477 ATQs, encontrando “tilt pélvico” posterior em 55,5% dos casos, sendo maior que 10° em 11,7%, e “tilt pélvico” anterior em 38,4% dos casos, sendo maior que 10° em 4,4%. Concluem que o “tilt pélvico” pode alterar sensivelmente a anteversão do componente femoral.

4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

4. CASUÍSTICA E MÉTODOS

4.1 Casuística

Foram estudados, prospectivamente, 40 quadris com indicação de artroplastia total do quadril primária, recrutados no ambulatório do Grupo de Quadril e Artroplastias do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOT/HC/FMUSP), no período de setembro de 2008 a abril de 2010.

4.2 Critérios de inclusão e de exclusão

Os critérios de inclusão foram:

1. Indicação de artroplastia total do quadril por osteoartrose primária ou secundária à osteonecrose da cabeça femoral;
2. Idade entre 20 e 80 anos;
3. IMC menor que 35 kg/m²;
4. Ter assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (formulado obedecendo às recomendações da Resolução nº 196 de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde), declarando ter compreendido todas as explicações e ter concordado plenamente com a pesquisa.

Os critérios de exclusão foram:

1. Desistência do paciente em qualquer momento da pesquisa;
2. Presença de qualquer doença sistêmica descompensada ou que impedisse a indicação cirúrgica;
3. Presença de alteração da anatomia pélvica que impedisse a captação dos parâmetros ósseos necessários para a navegação;
4. Ter realizado qualquer cirurgia ortopédica anteriormente excluindo-se a artroplastia total do quadril contralateral;
5. Óbito do paciente.

4.3 Critério para a divisão dos grupos de estudo

Foi adotado o critério da randomização, realizada pelo programa “Excel for Windows 2007”.

Através da função “RAND” do mesmo programa, um número entre 0 e 1 foi gerado randomicamente pelo computador. Foi, então, multiplicado por 40 (número total de quadris) e arredondado. Assim, foi gerado um número entre 1 e 40 e este processo foi repetido por 20 vezes.

Decidimos que, para estes vinte primeiros números gerados, seria realizada a cirurgia navegada e para os outros vinte números, a cirurgia convencional.

Obtivemos, assim, uma lista de 40 números divididos entre cirurgias navegadas e convencionais.

Quando o paciente chegava no ambulatório e preenchia os critérios de inclusão sem preencher os de exclusão, era incluído no próximo número da lista, sendo, desta forma, determinada qual seria a técnica utilizada. Foram, assim, formados dois grupos chamados de “Navegação” e “Convencional”.

4.4 Técnica cirúrgica

Antes da cirurgia, foi realizado o adequado planejamento radiográfico de todos os casos, cuidado este que auxiliou bastante o ato operatório.

Durante a indução anestésica, foi realizada antibioticoterapia endovenosa (EV) profilática com cefuroxima 1,5g, conforme orientação da Subcomissão de Controle de Infecção Hospitalar do IOT/HC/FMUSP (SCIH/IOT/HC/FMUSP). No final da cirurgia foi aplicada, novamente, uma dose de cefuroxima 1,5g EV e após a cirurgia o mesmo antibiótico na mesma dose foi aplicado a cada 12 horas por 24 horas.

No grupo navegado, com o paciente ainda em decúbito dorsal horizontal, foram colocados dois elétrodos de eletrocardiograma, um na espinha ílaca ântero-superior contralateral e outro na sínfise púbica, que auxiliaram na localização destas estruturas antes da realização da incisão principal. O paciente foi posicionado em decúbito lateral em todos os casos e fixado à mesa operatória através de um dispositivo mecânico na região posterior e de um coxim feito com lençóis enrolados anteriormente, de modo que não atrapalhassem a captação dos pontos pélvicos anteriores necessários para a navegação. Foi utilizado um esparadrapo comum largo na região abdominal para auxiliar na fixação do paciente na mesa operatória.

A antissepsia foi realizada com solução de digluconato de clorexidina 2% (solução degermante) e digluconato de clorexidina 0,5% (solução alcoólica), novamente seguindo orientação da SCIH/IOT/HC/FMUSP.

A colocação de campos cirúrgicos estéreis obedeceu às normas gerais de isolamento do local.

A prótese utilizada em todos os casos foi a da “Aesculap” sem cimento: componente acetabular “Plasmacup”, componente femoral “Bicontact”, “insert” de polietileno e cabeça metálica de 28 mm.

A via de acesso utilizada pelo cirurgião foi a de Hardinge (**Hardinge, 1982**) modificada, a saber:

1. Somente no grupo navegado, antes da incisão principal, foi realizada uma pequena incisão de um cm na crista ilíaca ipsilateral e foi fixado o instrumento com refletores da navegação (esferas reflexivas). A seguir, foram palpados os três pontos de referência para a navegação (as duas espinhas ilíacas ântero-superiores e a sínfise púbica);
2. Incisão cutânea na região lateral do terço proximal da coxa de comprimento convencional;
3. Dissecção do tecido celular subcutâneo;
4. Incisão da fáscia lata;

5. Tenotomia dos terços anteriores dos músculos glúteos médio e mínimo continuando com a tenotomia do músculo vasto lateral, mantendo, assim, uma “flap” único envolvendo os músculos glúteos e vasto lateral tenotomizados;
6. Capsulectomia;
7. Inserção e corte de um fio de Steinmann de três mm no trocânter maior, deixando apenas a ponta do mesmo exposta. Na cirurgia navegada, tal elemento foi utilizado para captar os parâmetros de comprimento do membro e “offset” femoral, juntamente com os instrumentos da espinha ílica ântero-superior e da patela; na cirurgia convencional, foi utilizado para avaliar o comprimento do membro;
8. Somente no grupo convencional, foi realizada uma pequena incisão de um cm na crista ilíaca ipsilateral, fixado um fio de Steinmann de 3,5 mm e medido o comprimento do membro deste ponto até o do fio do trocânter maior;
9. Luxação da articulação;
10. Osteotomia do colo femoral e retirada da cabeça femoral;
11. Exposição adequada do acetábulo com dois ou três fios de Steinmann de 3,5 mm;
12. No grupo navegado, somente, palpação da parede medial e avaliação da posição do acetábulo original;
13. Fresagem acetabular: no grupo navegado auxiliada pelo navegador, no grupo convencional realizada com a experiência do cirurgião,

utilizando pontos anatômicos de referência (paredes acetabulares e ligamento transversos);

14. Lavagem com soro fisiológico 0,9%;
15. Implantação do componente acetabular não cimentado: no grupo navegado auxiliado pelo navegador, no grupo convencional auxiliado pelos pontos anatômicos de referência e pelo guia mecânico;
16. Fixação do componente acetabular com dois parafusos (em todos os casos);
17. Colocação do “insert” acetabular de polietileno;
18. No grupo navegado, somente, avaliação do centro de rotação do componente acetabular;
19. Fresagem femoral;
20. Redução da prótese com o componente de prova femoral e checagem da estabilidade, da amplitude de movimento e do comprimento (este último checado com a navegação ou convencionalmente com os fios de Steinmann na espinha ilíaca ântero-superior e no trocânter maior).
21. Lavagem com soro fisiológico 0,9%;
22. Implantação da haste femoral definitiva sem cimento;
23. Redução da prótese com a cabeça de prova e nova checagem dos parâmetros do item 20;
24. Colocação da cabeça metálica definitiva;
25. Redução da prótese definitiva;
26. Lavagem com soro fisiológico 0,9%;

27. Hemostasia final;
28. Colocação de dreno de sucção de 3,2 mm (duas vias);
29. Sutura dos músculos glúteos médio, mínimo e vasto lateral com fio de sutura “vycril” 1.0;
30. Sutura da fáscia lata com fio de sutura “vycril” 1.0;
31. Sutura do tecido celular subcutâneo com fio de sutura “vycril” 1.0 e 0;
32. Sutura da pele com fio de sutura “nylon” 3.0;
33. Fixação das duas vias do dreno de sucção com fio de sutura “nylon” 2.0;
34. Curativo;
35. Coxim de abdução entre os membros inferiores;
36. Radiografia da bacia em posição ântero-posterior.

4.5 Período pós-operatório

O pós-operatório foi o mesmo para os dois grupos, tendo sido os pacientes medicados com antibiótico profilático (cefuroxima 1,5g EV 12/12hs por 24hs), analgésicos (cetoprofeno 100mg EV 12/12hs, dipirona 3ml EV 6/6hs e tramadol 50mg EV 6/6hs, se necessário) e protetor gástrico (omeprazol 40mg EV, uma vez ao dia).

Retiramos o dreno de sucção no segundo dia de pós-operatório (PO) em todos os casos.

Realizou-se a TC com o paciente ainda internado.

A reabilitação seguiu o protocolo do Grupo de Quadril e Artroplastias do IOT/HC/FMUSP. A fisioterapia foi iniciada no primeiro dia de pós-operatório (PO), com orientações quanto aos cuidados, evitando certos movimentos do quadril (adução, flexão acima de 90°, principalmente se associada à rotação interna, e extensão associada à rotação externa), e com a realização de exercícios isométricos de quadríceps e glúteo máximo, exercícios ativo-assistidos de flexão do quadril, exercícios ativos de flexão e extensão do tornozelo ipsilateral, exercícios ativos para os membros superiores e para o membro inferior contralateral, e sedestação na beira do leito. A partir do segundo PO, iniciou-se o ortostatismo e a transferência sem carga e a partir do terceiro PO, o treino de marcha sem carga.

A profilaxia da trombose venosa profunda foi realizada mecanicamente com mobilização precoce após a cirurgia e quimicamente com enoxaparina sódica 40mg subcutânea, aplicada diariamente por 30 dias após a cirurgia.

A alta hospitalar foi indicada quando o paciente estava em processo de reabilitação adequado e clinicamente estável.

Os pacientes retornaram pela primeira vez ao ambulatório no décimo quinto PO, tendo sido retirados os pontos em todos os casos.

A fisioterapia ambulatorial seguiu também o protocolo do Grupo de Quadril e Artroplastias do IOT/HC/FMUSP. Nas primeiras duas semanas do período pós-operatório, foram realizadas analgesia, alongamento de tríceps sural e ísquiotibiais, exercícios isométricos de quadríceps e glúteo máximo, exercícios passivos de flexão e extensão do quadril operado, fortalecimento global do membro contralateral, dos membros superiores e do tornozelo ipsilateral, e treino de marcha sem carga. Com três semanas de pós-operatório, foi iniciada a carga parcial no membro operado e foram adicionados exercícios de flexão e abdução do quadril operado com o membro retificado e exercício de fortalecimento tipo “ponte”. Com seis semanas de pós-operatório, foi liberada a carga total e foram adicionados exercícios ativos em todas as direções do quadril operado. Com oito semanas, realizou-se exercícios na bicicleta, agachamento e treino de marcha com obstáculos. Com nove semanas, foram realizados treino de marcha em superfícies inclinadas e treino de equilíbrio. Os esportes foram iniciados com 12 semanas de pós-operatório.

Todos os pacientes retornaram em consultas médicas ambulatoriais com quatro, seis e doze semanas de pós-operatório, seis meses de pós-operatório, um ano de pós-operatório e anualmente a partir de então, sempre com radiografias adequadas de controle.

4.6 Navegador

O aparelho utilizado para a navegação foi o “Orthopilot” (“Aesculap, B. Braun, Tuttlingen, Deutschland”), que utiliza uma estação de trabalho móvel composta basicamente por um monitor, um computador, um teclado, um pedal, uma câmera de rastreamento ótico e uma fonte de infravermelho externa acoplada à câmera.

A câmera ótica detecta sinais emitidos pela fonte de infravermelho externa e refletidos pelos chamados corpos rígidos, que são pequenas esferas acopladas a instrumentos cirúrgicos (sistema passivo). Tais instrumentos podem estar fixos no osso do paciente ou serem móveis (palpadores ou apontadores), transmitindo várias referências anatômicas ao sistema de navegação. Os sinais são transmitidos para o computador e daí para o monitor, informando ao cirurgião cada passo da cirurgia. O cirurgião avança cada passo cirúrgico com o pedal.

O programa de “software” utilizado foi o “THAplus”, disponível desde 2007, que amplia as funções da navegação do componente acetabular por meio dos elementos de “offset” femoral e comprimento do membro inferior. Com este método de navegação, apenas o instrumento pélvico permanece fixo ao paciente, sendo a posição femoral avaliada por palpadores durante o ato operatório (este último passo é realizado com o joelho flexionado em 90° e com registro simultâneo do centro da patela e do trocânter maior). O PPA é determinado palpando-se as duas espinhas ilíacas ântero-superiores e a sínfise púbica.

4.7 Técnica tomográfica

As tomografias foram todas realizadas no Instituto de Radiologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (INRAD/HC/FMUSP). O aparelho utilizado foi o “Philips Brilliance CT 64-channel scanner”, com colimação de 32 x 1.25 mm, “pitch” de 0.656, rotação do tubo de 0.75 segundos, FOV de 400 mm, filtro “detail”, matriz de 512, dosagem de radiação CTDIvol de 32,91 mGy ou DLP de 1304,96 mGy-cm.

A técnica do aparelho para adquirir as imagens foi a “multislice”, onde o tubo tomográfico roda e adquire múltiplas imagens simultâneas enquanto a mesa também varia de posição. Foram obtidos cortes axiais de 0,6mm de espessura com interposição de 50% entre os mesmos, permitindo reconstrução multiplanar detalhada nos três eixos ortogonais (coronal, axial e sagital), iniciando proximalmente acima da crista ilíaca e finalizando distalmente após o final da haste femoral. Tais imagens foram armazenadas no formato DICOM (“Digital Imaging and Communications in Medicine”) e enviadas para a estação de trabalho da “iSiteRadiology 4.1.101.0, Philips”, onde foram manipuladas.

As imagens foram reconstruídas, admitindo-se como referência do plano coronal o plano pélvico anterior (PPA), formado pelas duas espinhas ilíacas ântero-superiores e

pelos pelos dois tubérculos púbicos. Os planos sagital e axial foram determinados como sendo exatamente perpendiculares ao PPA.

Todas as medições tomográficas foram realizadas pelo mesmo radiologista com especialização na área músculo-esquelética, desconhecendo o grupo ao qual o paciente pertencia. Os ângulos cirúrgicos de anteversão e inclinação foram medidos conforme o estudo de **Murray (1993)** (Figura 1 - página 115), admitindo-se como referência do plano coronal o PPA (Figura 2 - página 116). Foram realizadas três medições de cada ângulo e a média foi anotada e assumida como a real posição.

4.8 Critérios de avaliação dos resultados

Para determinar a acurácia dos dois métodos (cirurgia navegada e cirurgia convencional) foram realizadas duas comparações:

1. Comparação dos ângulos medidos. Tal análise envolveu a variação dos ângulos dentro de cada grupo e os desvios em relação aos objetivos de 15° de anteversão e 40° de inclinação;
2. Avaliação do número de casos dentro da Zona de Segurança de Lewinnek, através da conversão dos ângulos cirúrgicos para valores radiográficos conforme o nomograma de **Murray (1993)**.

Outras variáveis foram também comparadas:

1. Idade (anos);
2. Sexo;
3. Índice de massa corpórea (IMC) em kg/m^2 ;
4. Duração do procedimento cirúrgico (minutos);
5. Comprimento da incisão (cm);
6. Débito sanguíneo do dreno de sucção (ml);
7. Dias decorridos para a realização da TC;
8. Dias decorridos para a alta;
9. Discrepância dos membros inferiores (MMII): avaliada clinicamente com o paciente em decúbito dorsal horizontal, através da medição e comparação da distância entre a espinha ilíaca ântero-superior e o maléolo medial do tornozelo de cada lado do corpo.

4.9 Análise estatística

A comparação dos grupos em relação à porcentagem de casos que está ou não dentro da zona de segurança, e em relação à porcentagem dos sexos, foi feita utilizando o teste quiquadrado de Pearson ou o teste exato de Fisher, quando o primeiro não se mostrou adequado aos dados.

As distribuições das variáveis “anteversão”, “inclinação”, “desvio da anteversão em relação à 15°” e “desvio da inclinação em relação à 40°”, segundo os grupos de estudo, foram comparadas por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney. A comparação das médias destas variáveis em relação aos grupos foi feita por meio do teste t de Student. Os resultados dos testes de Levene, para avaliar a igualdade de variâncias entre os grupos, também foi apresentado. De forma complementar, uma análise de covariância (ANCOVA), tendo grupo como fator e sexo como covariável, foi utilizada para comparar as médias dos grupos corrigindo por uma possível influência do sexo.

O teste t de Student também foi utilizado para comparar as médias dos grupos em relação às demais variáveis contínuas consideradas neste trabalho.

As suposições necessárias para a aplicação das técnicas estatísticas utilizadas foram verificadas e se mostraram adequadas aos dados.

Valores de p menores que 0,05 foram considerados como estatisticamente significantes.

Toda a análise estatística foi baseada em Neter (**Neter et al., 1996**).

5. RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 Perfil dos pacientes da amostra

Este estudo considerou 18 pacientes no grupo convencional e 20 no grupo navegação, sendo que um paciente pertence aos dois grupos, uma vez que foi operado no quadril direito com o uso da técnica convencional, e no quadril esquerdo com a técnica da navegação. Além disso, dois pacientes do grupo convencional foram operados nos quadris direito e esquerdo.

O fato destes três pacientes terem sido operados duas vezes, tanto por técnicas distintas quanto pela mesma técnica, sendo uma vez em cada lado, não apresentou influência nos resultados das cirurgias: tais procedimentos contralaterais não alteraram o posicionamento do paciente na mesa cirúrgica bem como a colocação do componente acetabular. Por este motivo, as medidas observadas nos quadris foram consideradas como independentes, tendo sido considerados 20 quadris em cada grupo. O Quadro 1 (página 117) mostra a descrição geral dos resultados.

Isto posto, observou-se que 85% dos casos do grupo convencional foram homens, ao passo que esta porcentagem foi de 50% no grupo navegação. Nota-se, segundo o teste quiquadrado de Pearson, que a porcentagem de homens foi significativamente maior no grupo convencional, com $p=0,018$.

A Tabela 1 apresenta medidas descritivas da idade e do índice de massa corpórea (IMC) em cada grupo. No grupo navegação, a idade média foi 51,3 anos, variando de 25 a 76 anos. No grupo convencional, a idade variou de 28 a 75 anos, com média de 54 anos. Em relação ao IMC, os dois grupos apresentaram valores médios de 27,4 kg/m² e 27,5 kg/m², variando de 22,7 a 34,7 kg/m² no grupo navegação e de 15,6 a 34,7 kg/m², no convencional. A análise indicou que os grupos não são diferentes em relação às médias de idade ($p=0,534$) e IMC ($p=0,955$).

Tabela 1 - Medidas descritivas da idade e índice de massa corpórea (IMC) segundo os grupos

	Grupo	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Idade (anos) $p=0,534$	Navegação	51,3	14,1	51,5	25,0	76,0
	Convencional	54,0	13,1	55,0	28,0	75,0
	TOTAL	52,6	13,5	53,5	25,0	76,0
IMC (kg/m²) $p=0,955$	Navegação	27,4	3,3	26,7	22,7	34,7
	Convencional	27,5	4,3	27,6	15,6	34,7
	TOTAL	27,4	3,8	27,6	15,6	34,7

N=20 casos em cada grupo. Valor de p referente ao teste t.

As etiologias foram osteoartrose primária do quadril em 15 quadris do grupo navegado e em 13 do grupo convencional, e osteoartrose secundária à osteonecrose da cabeça femoral em 5 quadris do grupo navegado e em 7 do grupo convencional.

5.2 Medidas da anteversão e da inclinação

Os ângulos cirúrgicos de anteversão e inclinação foram medidos conforme o estudo de **Murray (1993)**, admitindo-se como referência do plano coronal o PPA. As Figuras 3 e 4 (páginas 118 e 119) mostram bons posicionamentos do componente acetabular, enquanto as Figuras 5 e 6 (páginas 120 e 121) mostram maus posicionamentos (um quadril do grupo navegado e outro do grupo convencional).

A análise dos dados da anteversão, da inclinação e dos desvios destas medidas em relação aos ângulos de 15° e 40°, respectivamente¹, é mostrada a seguir. Medidas descritivas destas variáveis são apresentadas na Tabela 2 e nas Figuras de 7 a 10.

¹Ou seja, são consideradas as variáveis “*Desvio 15° ant.*” = (módulo da diferença entre as medidas da anteversão menos 15°) e “*Desvio 40° incl.*” = (módulo da diferença entre as medidas da inclinação menos 40°).

No caso da anteversão, a Figura 7 mostra que 50% dos valores estão concentrados entre 13,4° e 22,2° (valores correspondentes aos percentis de ordem 25% e 75%, respectivamente) para o grupo navegação, e entre 10,3° e 19,4° para o grupo convencional. A amplitude² dos dados apresentou-se maior no grupo convencional (29°), cuja mediana foi de 12,9°; o grupo navegação teve amplitude de 21,7° e mediana de 17,9°.

Em relação à inclinação (Figura 8), observa-se que 50% dos valores estão concentrados entre 38,6° e 44,6° (valores correspondentes aos percentis de ordem 25% e 75%, respectivamente) para o grupo navegação, e entre 40,6° e 43,7° para o grupo convencional. Neste caso também, a amplitude dos dados foi maior no grupo convencional (14,8°) que no navegação (9,4°), sendo os valores medianos, em ambos os grupos, próximos de 43° (42,2° no grupo navegação e 42,9° no grupo convencional).

De acordo com o teste de Levene, para ambas as variáveis, não foram detectadas diferenças significantes entre as variâncias dos grupos (anteversão: $p=0,284$; inclinação: $p=0,673$).

O teste não paramétrico de Mann-Whitney indicou que os dois grupos não diferem em relação às suas distribuições, tanto para as medidas da anteversão ($p=0,137$) quanto da inclinação ($p=0,808$).

²Amplitude é a diferença entre o maior e o menor valor observado no conjunto de dados.

No caso das medidas dos desvios da anteversão em relação à 15°, os percentis 25% e 75% (Figura 9) corresponderam a 1,9° e 9,2° para o grupo navegação e 2,9° e 11,3° para o convencional. Para os desvios da inclinação em relação à 40° (Figura 10), estes valores foram 1,6° e 4,6° (grupo navegação) e 1,4° e 4,4° (grupo convencional).

Estas variáveis também não apresentaram diferenças significantes em relação às variâncias dos grupos (desvio 15° ant.: $p=0,071$; desvio 40° incl.: $p=0,584$).

O teste não paramétrico de Mann-Whitney não indicou diferenças em relação às distribuições dos dados dos desvios de 15° ($p=0,617$) e 40° ($p=0,968$).

Figura 7 - Boxplot das medidas da anteversão segundo os grupos

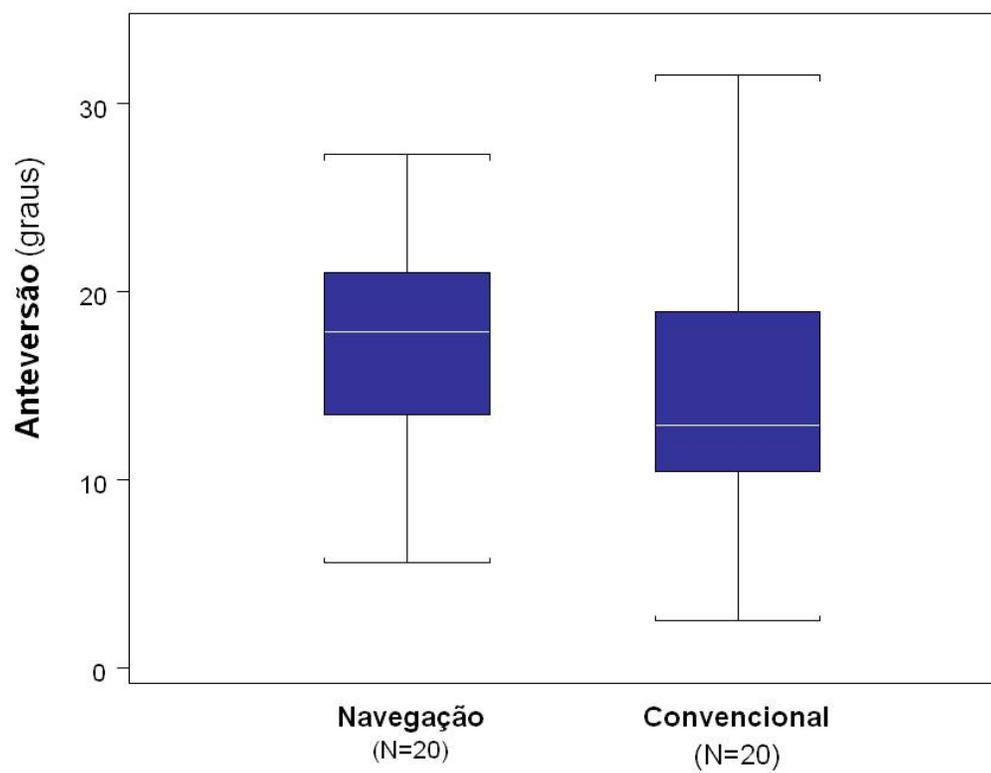


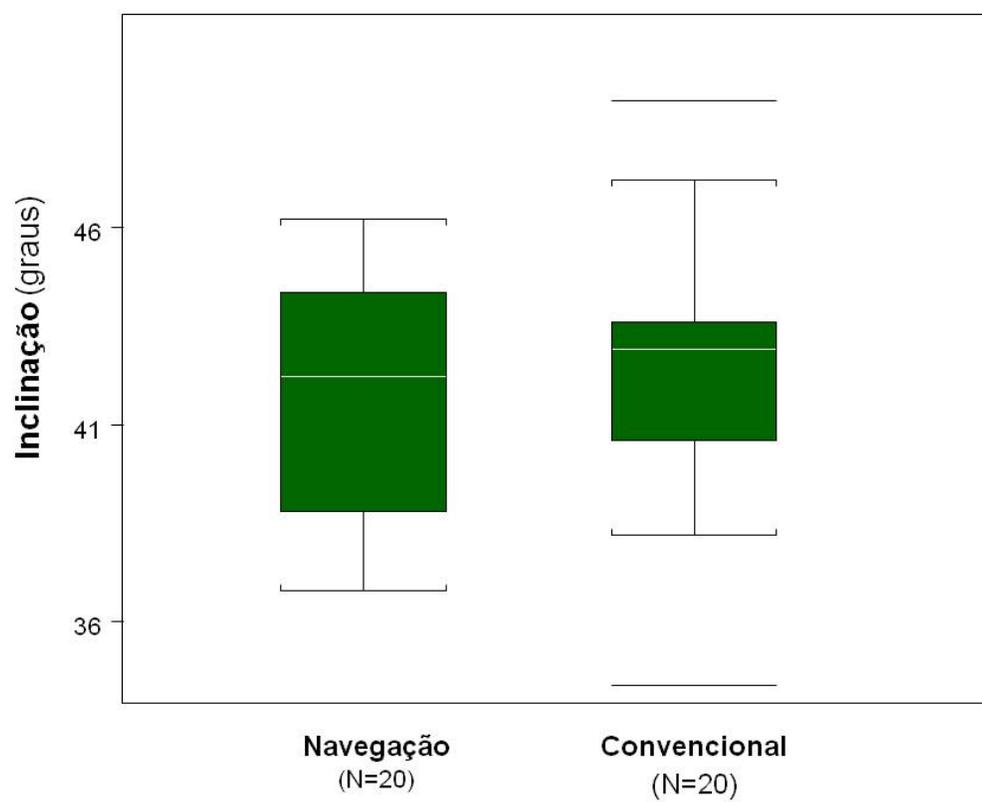
Figura 8 - Boxplot das medidas da inclinação segundo os grupos

Figura 9 - Boxplot dos desvios da anteversão em relação à 15° segundo os grupos

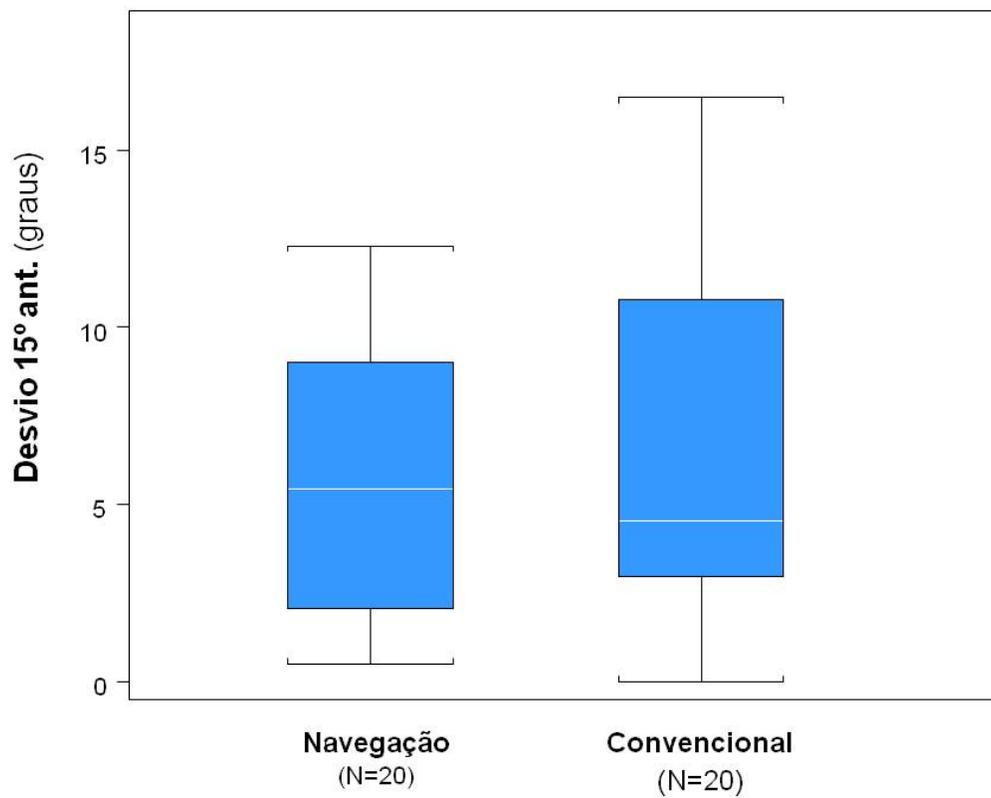
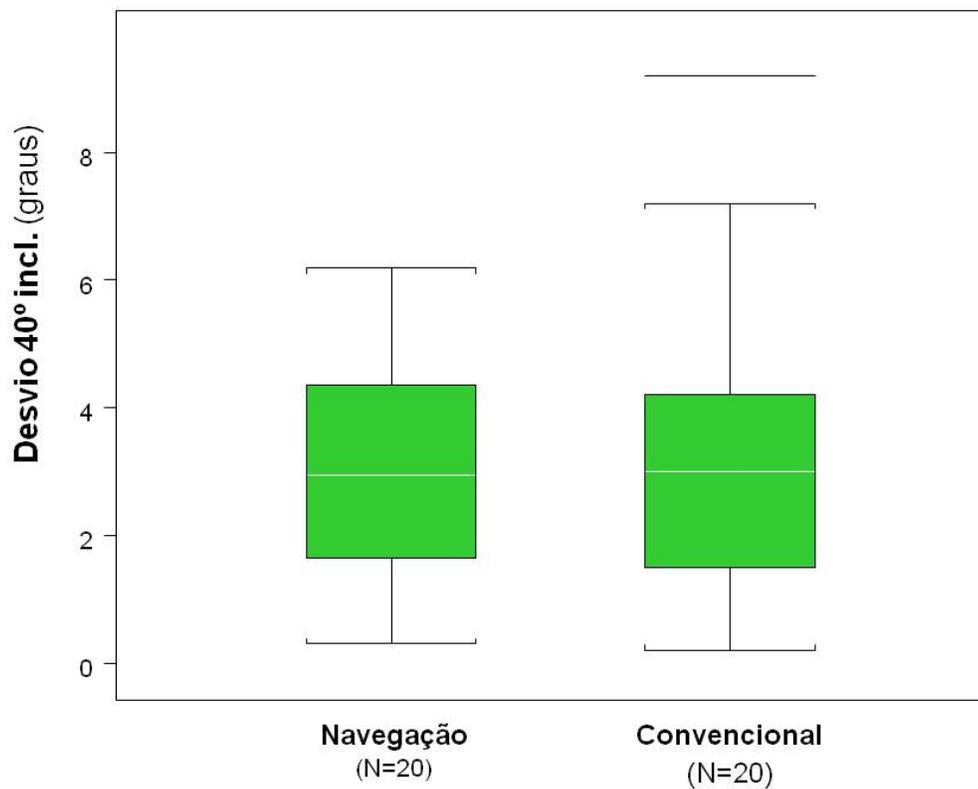


Figura 10 - Boxplot dos desvios da inclinação em relação à 40° segundo os grupos



A Tabela 2 mostra, ainda, os resultados das análises das comparações entre as médias dos grupos, os quais não indicam diferenças significantes, tanto para as medidas da anteversão ($p=0,215$) e da inclinação ($p=0,633$), como para aquelas correspondentes aos desvios de 15° ($p=0,429$) e 40° ($p=0,783$).

Tabela 2 - Medidas descritivas da anteversão, inclinação, desvio da anteversão em relação à 15° e desvio da inclinação em relação à 40° segundo os grupos

	Grupo	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Anteversão (graus) $p=0,215$	Navegação	17,4	6,3	17,9	5,6	27,3
	Convencional	14,5	8,3	12,9	2,5	31,5
	TOTAL	16,0	7,4	15,7	2,5	31,5
Inclinação (graus) $p=0,633$	Navegação	41,7	3,0	42,2	36,8	46,2
	Convencional	42,2	3,3	42,9	34,4	49,2
	TOTAL	42,0	3,1	42,8	34,4	49,2
Desvio 15° ant. ¹ (graus) $p=0,429$	Navegação	5,5	3,8	5,5	0,5	12,3
	Convencional	6,6	4,9	4,6	0,0	16,5
	TOTAL	6,0	4,3	4,8	0,0	16,5
Desvio 40° incl. ² (graus) $p=0,783$	Navegação	3,0	1,8	3,0	0,3	6,2
	Convencional	3,2	2,3	3,0	0,2	9,2
	TOTAL	3,1	2,0	3,0	0,2	9,2

¹Desvio 15° ant. = desvios das medidas da anteversão em relação à 15° .

²Desvio 40° incl. = desvios das medidas da inclinação em relação à 40° .

N = 20 casos em cada grupo.

Valor de p referente ao teste t.

Finalmente, a Tabela 3 apresenta estimativas dos intervalos de confiança de 95% para as médias da anteversão e da inclinação. Os resultados mostram que, tanto para o total, quanto dentro de cada grupo, os valores dos limites destes intervalos estão dentro daqueles aceitos como sendo de segurança, ou seja, 5° a 25° para a anteversão e 30° a 50° para a inclinação.

Tabela 3 - Estimativas das médias e dos respectivos I.C. 95%

	Grupo	Média	I.C. 95%	
Anteversão (graus) p=0,215	Navegação	17,4	14,1	20,8
	Convencional	14,5	11,2	17,8
	TOTAL	16,0	13,6	18,3
Inclinação (graus) p=0,633	Navegação	41,7	40,3	43,2
	Convencional	42,2	40,8	43,6
	TOTAL	42,0	41,0	43,0

N=20 casos em cada grupo. Valor de p referente ao teste t.

Uma vez que a distribuição dos sexos mostrou-se desigual entre os grupos, foram comparadas as médias dos grupos em relação às variáveis anteversão, inclinação, desvio da anteversão em relação à 15° e desvio da inclinação em relação à 40° controlando-se pela variável sexo.

A Tabela 4 apresenta medidas descritivas destas quatro variáveis segundo grupos e sexo. Os resultados descritivos indicam que a diferença entre os sexos não influenciou as médias dos dois grupos em relação às variáveis em questão.

Estes achados corroboram com os resultados obtidos da análise de covariância (ANCOVA), ou seja, os grupos continuam não apresentando diferenças significantes entre as médias da anteversão ($p=0,239$), da inclinação ($p=0,423$), do desvio da anteversão em relação à 15° ($p=0,388$) e do desvio da inclinação em relação à 40° ($p=0,356$), mesmo após o controle pela variável sexo.

Tabela 4 - Medidas descritivas da anteversão, inclinação, desvio da anteversão em relação à 15° e desvio da inclinação em relação à 40° segundo sexo e grupo

Grupo	Sexo	N	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Anteversão (graus)							
Navegação	F	10	17,7	6,2	17,9	5,6	27,3
	M	10	17,2	6,6	18,0	5,7	27,2
	TOTAL	20	17,4	6,3	17,9	5,6	27,3
Convencional	F	3	12,9	10,9	10,7	3,3	24,8
	M	17	14,8	8,1	13,6	2,5	31,5
	TOTAL	20	14,5	8,3	12,9	2,5	31,5
Inclinação (graus)							
Navegação	F	10	42,2	3,4	43,6	37,6	46,2
	M	10	41,3	2,8	41,5	36,8	45,8
	TOTAL	20	41,7	3,0	42,2	36,8	46,2
Convencional	F	3	43,6	5,5	43,3	38,2	49,2
	M	17	42,0	2,9	42,9	34,4	47,2
	TOTAL	20	42,2	3,3	42,9	34,4	49,2
Desvio 15° ant.¹ (graus)							
Navegação	F	10	5,3	4,0	4,5	0,6	12,3
	M	10	5,6	3,8	5,7	0,5	12,2
	TOTAL	20	5,5	3,8	5,5	0,5	12,3
Convencional	F	3	8,6	3,8	9,8	4,3	11,7
	M	17	6,2	5,0	4,2	0,0	16,5
	TOTAL	20	6,6	4,9	4,6	0,0	16,5
Desvio 40° incl.² (graus)							
Navegação	F	10	3,5	1,8	3,6	0,8	6,2
	M	10	2,5	1,7	2,6	0,3	5,8
	TOTAL	20	3,0	1,8	3,0	0,3	6,2
Convencional	F	3	4,8	3,9	3,3	1,8	9,2
	M	17	2,9	1,9	2,9	0,2	7,2
	TOTAL	20	3,2	2,3	3,0	0,2	9,2

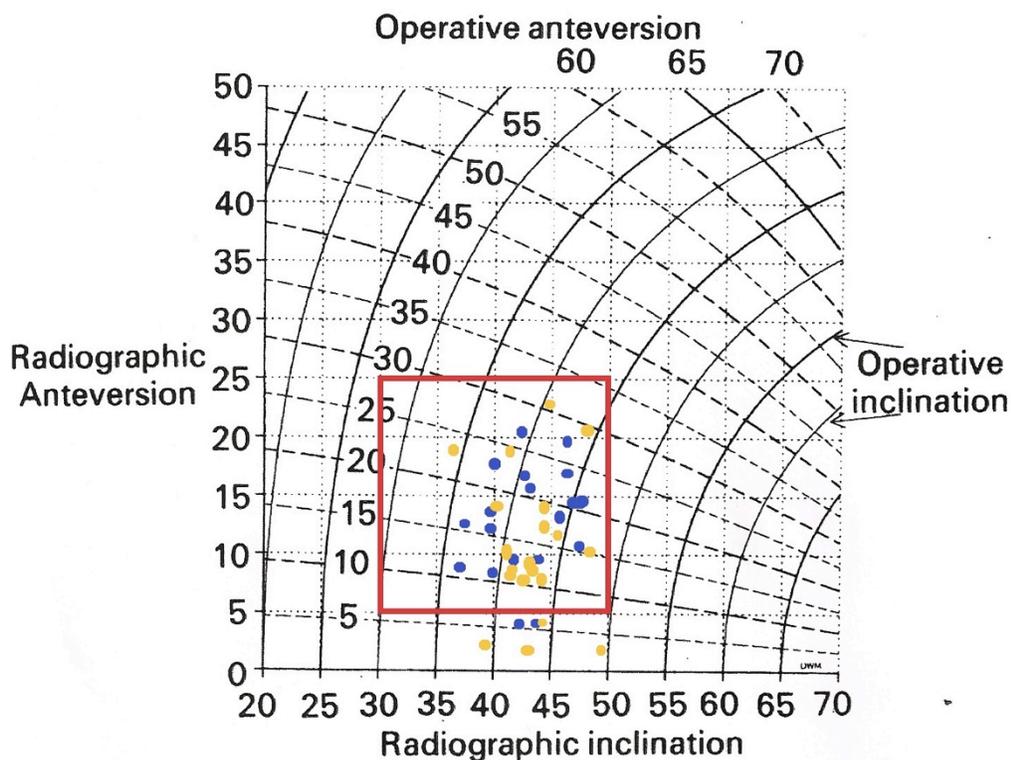
¹Desvio 15° ant. = desvios das medidas da anteversão em relação à 15°.

²Desvio 40° incl. = desvios das medidas da inclinação em relação à 40°.

5.3 Zona de segurança

As medidas de anteversão e inclinação foram avaliadas conjuntamente, de forma a classificar cada caso como estando ou não na Zona de Segurança de Lewinnek baseada no PPA (**Lewinnek et al., 1978**). Para tal avaliação, as posições dos componentes conforme os ângulos cirúrgicos medidos no PPA foram convertidos para as posições conforme os ângulos radiográficos através do nomograma de **Murray (1993)**. Os resultados desta avaliação são mostrados no Gráfico 1 e na Tabela 5. A porcentagem de casos que se apresentou dentro dos limites de segurança foi de 90% no grupo navegação e 80% no grupo convencional, sendo que estas porcentagens não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p=0,661$).

Gráfico 1 - Posicionamento do componente acetabular conforme o nomograma de conversão de Murray (**Extraído de Murray, 1993**)



Quadrado Vermelho: Zona de Segurança de Lewinnek (Lewinnek et. al., 1978).
Pontos azuis: casos do grupo navegação.
Pontos amarelos: casos do grupo convencional.

Tabela 5 - Distribuição de casos em relação à zona de segurança segundo os grupos

		Grupo		
		Navegação	Convencional	Total
Em posição de segurança p=0,661	Sim	18 90,0%	16 80,0%	34 85,0%
	Não	2 10,0%	4 20,0%	6 15,0%
TOTAL		20 100%	20 100%	40 100%

Valor de p referente ao teste exato de Fisher.

5.4 Demais variáveis de interesse

As medidas descritivas para as variáveis relacionadas aos dias transcorridos entre a cirurgia e a tomografia e entre a cirurgia e a alta hospitalar, além do tempo de cirurgia, incisão, discrepância e dreno, para cada grupo, são apresentadas na Tabela 6.

A análise indicou que os grupos não diferiram em relação a estes intervalos de tempo, tanto entre a cirurgia e a tomografia ($p=0,846$), quanto entre a cirurgia e a alta hospitalar ($p=0,492$). No total, o intervalo de tempo médio entre a cirurgia e a tomografia foi de 2,3 dias, variando de um a quatro dias. Já o intervalo médio entre a cirurgia e a alta foi de quatro dias, variando de dois a seis dias.

No entanto, em relação ao tempo médio de cirurgia, o grupo navegação apresentou média significativamente maior (115,4 minutos) que a do grupo convencional (105,6 minutos), com $p<0,001$.

A incisão média foi cerca de um cm maior no grupo convencional, sendo 14,1 no grupo navegação e 15,0 no grupo convencional, embora sem indicação de diferença significativa entre os grupos ($p=0,079$).

Para as demais variáveis (discrepância e dreno) não houve indicação de diferenças estatisticamente significantes entre as médias dos grupos ($p\geq 0,575$).

Como complicações, foram observadas duas fraturas da região femoral proximal, sendo uma em cada grupo. Ambas foram tratadas satisfatoriamente com um fio de aço de cerclagem e carga retardada (parcial com seis semanas e total com 12 semanas). Não tivemos nenhum caso com complicação precoce de lesão neurológica, lesão vascular, infecção ou luxação. Na avaliação tardia (mínima de seis meses de pós-operatório), não detectamos nenhum caso de ossificação heterotópica ou fraqueza de abdutores.

Tabela 6 - Medidas descritivas para o intervalo de tempo entre a cirurgia e a tomografia e a cirurgia e a alta, tempo de cirurgia, incisão, discrepância e dreno segundo os grupos

	Grupo	Média	Desvio padrão	Mediana	Mínimo	Máximo
Dias transcorridos da cirurgia até a tomografia p=0,846	Navegação	2,3	0,7	2,0	1,0	4,0
	Convencional	2,4	0,9	2,0	1,0	4,0
	TOTAL	2,3	0,8	2,0	1,0	4,0
Dias transcorridos da cirurgia até a alta p=0,492	Navegação	3,9	1,0	4,0	2,0	6,0
	Convencional	4,1	0,9	4,0	3,0	5,0
	TOTAL	4,0	0,9	4,0	2,0	6,0
Tempo (minutos) p<0,001	Navegação	115,4	7,7	113,5	103,0	129,0
	Convencional	105,6	5,6	105,5	96,0	113,0
	TOTAL	110,5	8,3	110,5	96,0	129,0
Incisão (cm) p=0,079	Navegação	14,1	1,7	14,0	10,0	16,0
	Convencional	15,0	1,6	15,0	9,0	16,0
	TOTAL	14,5	1,7	15,0	9,0	16,0
Discrepância (cm) p=0,575	Navegação	0,3	0,3	0,3	0,0	0,9
	Convencional	0,2	0,3	0,0	0,0	0,9
	TOTAL	0,3	0,3	0,0	0,0	0,9
Dreno (ml) p=0,581	Navegação	412,0	150,8	445,0	110,0	620,0
	Convencional	386,5	138,7	340,0	180,0	660,0
	TOTAL	399,3	143,6	370,0	110,0	660,0

N=20 casos em cada grupo. Valor de p referente ao teste t.

6. DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

6.1 Caracterização geral da casuística

O número de quadris estudados (40) está de acordo com diversos outros trabalhos publicados a respeito do tema (**Kalteis et al., 2005; Marx et al., 2006; Kiefer e Othman., 2007b; Ohashi et al., 2007; Ybinger et al., 2007; Hakki et al., 2008; Dorr et al., 2009**), sendo um pouco inferior a outros trabalhos também valorizados (**Stipcak et al., 2004; Kalteis et al., 2006a; Parratte e Argenson, 2007**).

O IMC foi similar nos dois grupos (27,4 kg/m² no grupo navegado e 27,5 kg/m² no grupo convencional) e condizente com achados da literatura (**Kiefer, 2003; Kalteis et al., 2005; Najarian et al., 2009**). Também a idade média foi semelhante (51,3 anos no grupo navegado e 54 anos no grupo convencional), encontrando amparo nos trabalhos publicados (**Kalteis et al., 2005; Parratte e Argenson, 2007; Najarian et al., 2009**).

O tempo cirúrgico foi, em média, 9,8 minutos a mais no grupo navegado, diferença esta estatisticamente significativa e condizente com a literatura (**DiGioia III et al., 1998; Kiefer, 2003; Kalteis et al., 2005; Lazovic e Kaib, 2005; Kalteis et al., 2005; Kalteis et al., 2006a; Parratte e Argenson, 2007**). Não acreditamos que, dentro

de uma cirurgia com média de 105 minutos (média do grupo convencional), 10 minutos adicionais sejam relevantes para gerar complicações.

Concordamos com outros autores que a curva de aprendizado para a técnica navegada é pequena (**Kiefer, 2003; Grützner et al., 2004**) e por vezes até desnecessária, visto que o cirurgião não muda seu modo de operar (**Ybinger e Kumpan, 2007**). Realiza-se a cirurgia da maneira habitual apenas adicionando alguns passos.

No nosso trabalho, todas as cirurgias foram realizadas através de uma incisão cutânea similar, com média de 14,1 cm no grupo navegado e 15 cm no grupo convencional, médias estas já relatadas na literatura (**Widmer e Grützner, 2004**). A incisão cutânea com cerca de um cm na crista ilíaca foi igualmente realizada nos dois grupos, pois ao mesmo tempo que é necessária para fixar o instrumento que guiará a navegação (Figura 11 - página 122), já é rotineiramente feita pelo cirurgião no método convencional para adequadamente monitorar o comprimento intra-operatório do membro operado (Figura 12 - página 123).

A perda sanguínea está relacionada a várias complicações, como hematoma, infecção, eventos tromboembólicos, falência cardíaca e respiratória (**DiGioia III et al., 2003**). Nossa casuística mostrou perdas similares sanguíneas nos dois grupos através da avaliação dos débitos dos drenos de sucção: médias de 412 ml no grupo navegado e 386,5 ml no grupo convencional, resultado similar ao encontrado na literatura (**Kalteis et al., 2005**), mostrando que a agressão intra-operatória foi semelhante nos dois grupos estudados.

O tempo para a realização da TC pós-operatória foi semelhante nos dois grupos estudados (médias de 2,3 dias no grupo navegado e 2,4 dias no grupo convencional). Sendo realizada precocemente, ainda com o paciente internado, temos maior probabilidade da avaliação ser realmente acurada. Trabalhos que realizam suas avaliações decorridos longos períodos da cirurgia (**Kalteis et al., 2006a; Parratte e Argenson, 2007**) contém o viés da taça acetabular poder ter se movimentado ao longo do tempo, falseando os resultados.

O tempo decorrido da cirurgia até a alta foi também semelhante nos dois grupos (3,9 dias no grupo navegado e 4,1 dias no grupo convencional). Este resultado indica que a navegação, com seu tempo cirúrgico 10 minutos maior, não alterou a recuperação pós-operatória imediata.

O resultado da avaliação da discrepância dos membros inferiores foi semelhante entre os dois grupos estudados (média de três mm no grupo navegado e dois mm no grupo convencional), sendo todos os valores menores que dez mm em ambos os grupos (valor máximo de nove mm), resultado bastante satisfatório e condizente com a literatura (**Mainard, 2008**).

Como complicações tivemos uma fratura da região proximal femoral em cada grupo (Figuras 13 e 14 - páginas 124 e 125), ambas tratadas satisfatoriamente com boa evolução pós-operatória. Não tivemos nenhuma complicação específica do método, resultado similar a vários trabalhos publicados (**Kiefer, 2003; Widmer et al., 2004;**

Kiefer e Othman, 2005; Lazovic e Kaib, 2005; Walde e Walde, 2006; Parratte e Argenson, 2007).

Por fim, na avaliação geral da casuística, devemos discutir a diferença estatisticamente significativa entre os gêneros observada entre os dois grupos. Tal diferença foi fruto exclusivo da randomização realizada com absoluta isenção dos autores. Preferimos realizar uma verdadeira randomização e correr o risco de obter dois grupos desiguais em relação ao gênero (fato que ocorreu), ao invés de realizar um estudo pareado e o descrever como sendo randomizado, destacando inclusive esta pretensa randomização no título do trabalho para chamar a atenção do leitor (**Parratte e Argenson, 2007**).

Com esta distribuição desigual, comparamos os grupos em relação à anteversão, inclinação, desvio da anteversão em relação a 15° e desvio da inclinação em relação a 40°, controlando-se pela variável sexo. Os resultados descritivos e a análise de covariância indicaram que a diferença entre os sexos não influenciou as médias dos dois grupos em relação às variáveis em questão, validando, assim, os resultados finais obtidos.

Ao nos aprofundarmos na literatura a respeito das diferenças entre os sexos que envolvem o quadril, encontramos diferenças da anatomia pélvica incluindo os graus de anteversão e inclinação acetabulares. As variações, porém, são muito maiores entre cada indivíduo do que entre os dois sexos: **Maruyama et al. (2001)** mostram variação de 7° a

42° na anteversão de 100 pelves humanas, sendo a diferença média entre pelves masculinas e femininas de apenas 2,8°. **Murtha et al. (2008)**, analisando tomograficamente o acetábulo normal de 42 pacientes, encontram em 22 mulheres variações de inclinação de 50,7° a 66,8° e anteversão de 14° a 33,3°, e em 20 homens variações de inclinação de 47,7° a 65,9° e anteversão de 8,5° a 32,3°.

6.2 Importância do bom posicionamento acetabular

A evolução da ATQ busca componentes que integrem ao osso humano definitivamente e durem muito tempo. A boa posição da taça acetabular diminui a probabilidade de migração e soltura asséptica (**Padgett et al., 2005; Minoda et al., 2006; Ecker et al., 2007; Haaker et al., 2007; Ybinger e Kumpan, 2007; Babisch et al., 2008; Mainard, 2008; Hasart et al., 2009; Najarian et al., 2009; Steppacher et al., 2009; Moskal e Capps, 2010; Queiroz et al., 2010; Ryan et al., 2010**), e o desgaste que ocorre com todas as artroplastias (**Jolles et al., 2004; Nogler et al., 2004; Saxler et al., 2004; Kalteis et al., 2005; Lazovic e Kaib, 2005; Padgett et al., 2005; Tannast et al., 2005; Archbold et al., 2006; Kalteis et al., 2006a; Minoda et al., 2006; Spencer et al., 2006; Ecker et al., 2007; Haaker et al., 2007; Parratte e Argenson, 2007; Ybinger e Kumpan, 2007; Babisch et al., 2008; Fukunishi et al., 2008; Mainard, 2008; Murtha et al., 2008; Hasart et al., 2009; Najarian et al., 2009; Steppacher et al., 2009; Moskal e Capps, 2010; Queiroz et al., 2010; Ryan et al., 2010; Steppacher et al., 2010**).

Os objetivos principais da ATQ são tratar a dor e melhorar a amplitude de movimento do quadril operado. Uma boa amplitude de movimento não somente satisfaz os anseios dos pacientes, que passam a conseguir realizar mais tarefas e assim viver melhor, como também evita o impacto de um componente contra o outro, que pode levar a subluxações ou luxações, promover arranhões, rachaduras ou fraturas dos componentes, diminuindo, assim, a vida útil da artroplastia. A taça acetabular bem posicionada melhora a amplitude de movimento do quadril (**Zheng et al., 2002; Nogler et al., 2004; Kalteis et al., 2005; Tannast et al., 2005; Kalteis et al., 2006a; Minoda et al., 2006; Parratte e Argenson, 2007; Gandhi et al., 2009; Hasart et al., 2009**) e diminui a chance de ocorrer impacto (**Zheng et al., 2002; Nogler et al., 2004; Tannast et al., 2005; Archbold et al., 2006; Kanesaki et al., 2006; Spencer et al., 2006; Ecker et al., 2007; Parratte e Argenson, 2007; Mainard, 2008; Murtha et al., 2008; Najarian et al., 2009; Steppacher et al., 2009; Moskal e Capps, 2010; Queiroz et al., 2010; Ryan et al., 2010; Steppacher et al., 2010**).

Colocando a taça em uma boa posição, garantimos também o correto comprimento final do membro operado (**Zheng et al., 2002; Nogler et al., 2004; Najarian et al., 2009; Moskal e Capps, 2010**). A discrepância significativa dos membros inferiores, com alteração da marcha, constitui fato de grande importância para o paciente, tendo sido objeto de inúmeros processos contra médicos.

Por fim, é de importância primordial na ATQ prevenir a luxação do quadril, sabidamente diminuída com o adequado posicionamento da taça acetabular (**Woo e**

Morrey, 1982; Herrlin et al., 1988; McCollum e Gray, 1990; Sarmiento et al., 1990; Pierchon et al., 1994; DiGioia III et al., 1998; Kummer et al., 1999; Pradhan, 1999; DiGioia III et al., 2002; Zheng et al., 2002; Kiefer, 2003; Wentzensen et al., 2003; Grützner et al., 2004; Jolles et al., 2004; Saxler et al., 2004; Widmer et al., 2004; Kiefer e Othman, 2005; Tannast et al., 2005; Archbold et al., 2006; Kalteis et al., 2006a; Kanesaki et al., 2006; Minoda et al., 2006; Sotereanos et al., 2006; Spencer et al., 2006; Ecker et al., 2007; Haaker et al., 2007; Parratte e Argenson, 2007; Babisch et al., 2008; Fukunishi et al., 2008; Mainard, 2008; Murtha et al., 2008; Gandhi et al., 2009; Hasart et al., 2009; Najarian et al., 2009; Steppacher et al., 2009; Moskal e Capps, 2010; Queiroz et al., 2010; Ryan et al., 2010).

O correto posicionamento do componente acetabular assegura, pois, a boa evolução da ATQ (**Herrlin et al., 1986; Kiefer, 2003; Jolles et al., 2004; Widmer et al., 2004; Kanesaki et al., 2006; Dorr et al., 2007; Ybinger et al., 2007; Ybinger e Kumpan, 2007; Mainard, 2008; Gandhi et al., 2009; Queiroz et al., 2010; Ryan et al., 2010**).

Persiste, entretanto, o debate entre os autores sobre qual seria a melhor posição do componente acetabular. Exemplos são **Lewinnek et al. (1978)** com 5° a 10° de anteversão 30° a 50° de inclinação, **McCollum e Gray (1990)** com 20° a 40° de anteversão e 30° a 50° de inclinação, ou **Kummer et al. (1999)** com 0° a 10° de anteversão e 35° a 45° de inclinação. O dogma que cerca a Zona de Segurança de Lewinnek não é, assim, universalmente aceito, mas serve como base para a maior parte dos cirurgiões (**Murtha et al., 2008; Najarian et al., 2009; Moskal e Capps, 2010;**

Reininga et al., 2010). Existem trabalhos, entretanto, que não mostram relação entre a luxação e a zona de segurança (**Pierchon et al., 1994; Minoda et al., 2006; Sugano et al., 2007).**

Mais estudos com boa metodologia precisam ser realizados para esclarecer se realmente existem zonas de segurança que devem ser seguidas por todos os cirurgiões ou se a ATQ deve ser individualizada para cada paciente. Persiste a dúvida se o componente protético melhor posicionado deverá seguir a perfeita anatomia do paciente (anteversão e inclinação acetabular, “tilt pélvico”), independentemente de uma zona de segurança, ou se ele deve respeitar alguma zona de segurança, independentemente da sua particular anatomia, já que, por melhor que seja a qualidade da prótese de quadril utilizada, esta jamais será igual à articulação humana original, alcançando os inúmeros movimentos capazes de um quadril humano normal realizar. Em outras palavras, poderia haver o risco de mau funcionamento ou menor tempo de vida útil da prótese, caso seja levada em consideração exclusivamente a anatomia do paciente.

O autor busca sempre satisfazer os dois conceitos, procurando, dentro da Zona de Segurança de Lewinnek, seguir a anatomia do paciente ao posicionar o componente acetabular. Caso a anatomia seja muito alterada, como ocorre nos casos das displasias, o autor não segue tal anatomia e busca a adequada posição do componente acetabular baseando-se exclusivamente na zona de segurança.

6.3 Avaliação tomográfica

A avaliação radiográfica é amplamente criticada na literatura, constituindo método impreciso e inadequado para determinar a posição do componente acetabular, especialmente sua anteversão (**DiGioia III et al., 2002; Olivecrona et al., 2004; Tannast et al., 2005; Kalteis et al., 2006b; Dorr et al., 2007; Ecker et al., 2007; Kiefer e Othman, 2007b; Ybinger et al., 2007; Ybinger e Kumpan, 2007; Hasart et al., 2009; Steppacher et al., 2009**).

Desta forma, diversos trabalhos que comparam o posicionamento do componente acetabular na ATQ através de radiografias entre grupos navegados e grupos não navegados (**Leenders et al., 2002; Stipcak et al., 2004; Ottersbach e Haaker, 2005; Wixson e MacDonald, 2005; Sugano et al., 2007; Mainard, 2008; Najarian et al., 2009**), por mais que metodologicamente sejam bem realizados, perdem o valor que poderiam ter, caso tivessem utilizado na avaliação a TC.

Nossa avaliação dos resultados foi realizada através de cálculos tomográficos dos ângulos cirúrgicos de inclinação e anteversão. Escolhemos avaliar estes ângulos e não os radiográficos ou anatômicos por diversos motivos, a saber:

- **Murrey (1993)** já disse, ao descrever trigonometricamente todas as possibilidades de medições (ângulos cirúrgicos, anatômicos e radiográficos), que os ângulos cirúrgicos são os que devem ser

utilizados para se avaliar adequadamente o componente acetabular da artroplastia;

- Foram validados por estudo tomográfico prévio como altamente acurados, podendo ser medidos repetidas vezes independentemente da posição do paciente (**Olivecrona et al., 2004; Kalteis et al., 2006b**);
- São os ângulos que o cirurgião visualiza ao realizar a artroplastia. Assim, fica mais direta a comparação entre o objetivo do cirurgião intra-operatoriamente e os resultados obtidos, fato este seguido por diversos bons trabalhos (**Kalteis et al., 2005; Kalteis et al., 2006a; Ryan et al., 2010**);
- A conversão para ângulos radiográficos é simples utilizando o nomograma de **Murray (1993)**, e a comparação com a Zona de Lewinnek é adequadamente realizada caso os ângulos sejam medidos admitindo-se que o PPA é o plano coronal, cuidado este que tivemos ao realizar nossos cálculos.

6.4 Análise dos resultados principais

Para comparar nossos resultados principais com a literatura atual, analisaremos os trabalhos considerados de alta qualidade metodológica mencionados nas três recentes metanálises (**Beckmann et al., 2009; Gandhi et al., 2009; Reininga et al., 2010**).

Nossos resultados foram diferentes destes trabalhos considerados de boa qualidade metodológica na literatura (**Leenders et al., 2002; Stipcak et al., 2004; Kalteis et al., 2005; Ottersbach e Haaker, 2005; Wixson e MacDonald, 2005; Kalteis et al., 2006a; Parratte e Argenson, 2007; Sugano et al., 2007; Najarian et al., 2009**) e que norteiam os conceitos sobre navegação, pois não encontramos resultados diferentes estatisticamente significantes entre os grupos estudados, ao contrário destes trabalhos mencionados, onde o grupo navegado foi sempre superior:

- Variação entre os ângulos de anteversão e inclinação dos dois grupos (diferença estatisticamente significante): **Leenders et al. (2002)** - avaliaram somente a inclinação; **Kalteis et al. (2006a)**. Nós também encontramos maior variação dos dois ângulos no grupo convencional, porém os resultados não foram estatisticamente significantes;
- Desvio médio dos objetivos angulares de inclinação e anteversão (diferença estatisticamente significante): **Kalteis et al. (2005); Ottersbach e Haaker (2005); Kalteis et al. (2006a); Parratte e Argenson (2007)**. Nossos resultados mostraram desvios médios dos objetivos similares.

- Posicionamento dentro da Zona de Segurança de Lewinnek – diferença estatisticamente significante: **Kalteis et al. (2005)** - 91% no grupo navegado, 50% no grupo convencional; **Kalteis et al. (2006a)** - 93% no grupo navegado livre da TC, 83% no grupo navegado baseado em TC, 43% no grupo convencional; **Sugano et al. (2007)** - 100% no grupo navegado, 72% no grupo não navegado; **Parratte e Argenson (2007)** - 80% no grupo navegado, 43% no grupo convencional. Nossos resultados foram 90% e 80% respectivamente, sem diferença estatisticamente significante.

Comparando mais detalhadamente com os trabalhos de **Kalteis et al. (2006a)** (grupo navegado livre da TC) e **Parratte e Argenson (2007)**, pois ambos realizam também avaliações tomográficas calculando os ângulos cirúrgicos, encontramos nos grupos navegados resultados similares: nossa variação do ângulo de anteversão foi de 5,6° a 27,3° e do ângulo de inclinação foi de 36,8° a 46,2°. Em relação ao objetivo de 15° de anteversão, obtivemos média de 5,5° de desvio e em relação ao objetivo de 40° de inclinação, obtivemos média de 3° de desvio. **Kalteis et al. (2006a)** obtêm na anteversão variação de 5° a 25°, na inclinação variação de 33° a 50°, desvio médio de 4,2° para os 15° de anteversão e 3,6° para os 40° de inclinação. **Parratte e Argenson (2007)** obtêm na anteversão variação de 6° a 23° e na inclinação variação de 25° a 45°.

Em relação ao grupo convencional, porém, tivemos resultados melhores: nossa variação do ângulo de anteversão foi de 2,5° a 31,5° e do ângulo de inclinação foi de 34,4° a 49,2°. Em relação ao objetivo de 15° de anteversão obtivemos média de 6,6° de

desvio, e em relação ao objetivo de 40° de inclinação obtivemos média de 3,2° de desvio. **Kalteis et al. (2006a)** mostram na anteversão variação de 1° a 53°, na inclinação variação de 29° a 57°, desvio médio de 13° para os 15° de anteversão e 6,1° para os 40° de inclinação. **Parratte e Argenson (2007)** mostram na anteversão variação de 0° a 37° e na inclinação variação de 21° a 48°.

Nosso posicionamento de 90% dentro da zona de segurança no grupo navegado assemelha-se aos da literatura como o de 96,3% de **Kiefer e Othman (2005)**, 100% de **Sugano et al. (2006)**, 93% de **Kalteis et al. (2006a)**, 90,2% de **Ohashi et al. (2007)**, 80% de **Parratte e Argenson (2007)**, 90% de **Mainard (2008)**, e 92% de **Hasart et al. (2009)**. Nosso posicionamento de 80% dentro da zona de segurança no grupo convencional aproxima-se do resultado de 72% de **Sugano et al. (2006)**, assim como de **Minoda et al. (2006)**, que apresenta, em uma grande casuística de 834 ATQs operadas convencionalmente, um bom posicionamento em 72,2%. Por outro lado, foi superior aos resultados de 43% de **Kalteis et al (2006a)** e **Parratte e Argenson (2007)**.

Na nossa casuística, o mesmo cirurgião, especialista em quadril, operou todos os casos. Os resultados similares entre os grupos convencional e navegação apontam para um bom posicionamento convencional do componente acetabular. Assim, foi correta a avaliação do cirurgião em relação aos pontos anatômicos, como as paredes acetabulares análogas aos pontos ósseos pélvicos adjacentes descritos por Sotereanos (**Sotereanos et al., 2006**) e o ligamento transversal (**Archbold et al., 2006**), além da utilização adequada do guia mecânico. Um cirurgião que não seja especialista e não realize ATQs

rotineiramente talvez possa se beneficiar mais da navegação para melhor posicionar sua prótese.

Avaliando os trabalhos que realizaram adequadamente a avaliação pós-operatória através do método tomográfico (**Kalteis et al., 2005; Kalteis et al., 2006a; Parratte e Argenson, 2007**), observamos que todos realizam as cirurgias com o paciente em decúbito dorsal horizontal, onde a palpação dos pontos ósseos para a obtenção do PPA é mais fácil (**Spencer et al., 2006**). Assim, nossa casuística ganha significativa importância ao avaliar tomograficamente componentes acetabulares de pacientes operados em decúbito lateral.

6.5 Críticas

As principais críticas à navegação residem na acurácia da obtenção do PPA através da palpação cutânea dos pontos ósseos (**Spencer et. al., 2006; Lee e Yoon, 2008**). O PPA descrito por **Cunningham e Robinson (1922)** e introduzido pioneiramente na navegação da ATQ por Jaramaz e DiGioia III (**Jaramaz et al., 1998; DiGioia III et al., 1998**), norteia os diversos métodos navegados da ATQ. O registro do PPA deve ser preciso, pois sabe-se que a espessura de partes moles sobre as espinhas ilíacas ântero-superiores podem alterar os ângulos de inclinação ou anteversão, enquanto que a espessura de partes moles sobre a sínfise púbica podem alterar, principalmente, os ângulos de anteversão (**Ybinger et al., 2007; Lee e Yoon, 2008**). Assim, pacientes com

gordura abdominal importante podem inviabilizar a correta aquisição do plano (**Dorr et al., 2005; Kiefer e Othman, 2007b; Parratte e Argenson, 2007; Hasart et al., 2009; Ryan et al., 2010**).

Diversas maneiras para adquirir com precisão este plano foram relatadas, como o auxílio da radioscopia (**Wentzensen et al., 2003; Grützner et al., 2004; Weil et al., 2006**) ou da ultrassonografia (**Keppler et al., 2007; Kiefer e Othman, 2007a; Hasart et al., 2008; Hasart et al., 2009**).

Na nossa técnica, com o paciente ainda em decúbito dorsal horizontal, foram colocados dois elétrodos de eletrocardiograma (um na espinha ilíaca ântero-superior contralateral e outro na sínfise púbica), que auxiliaram na localização destas estruturas antes da realização da incisão principal (Figura 15 - página 126). Acreditamos que, devido ao cuidado que tivemos, conseguimos adequadamente palpar os pontos anatômicos, mas realmente concordamos que a obesidade na região abdominal dificulta este passo cirúrgico da navegação.

A obtenção do PPA constitui, necessariamente, algo que precisa evoluir na navegação, para que melhores resultados sejam obtidos.

A fixação do paciente na mesa operatória realizada no estudo é também motivo de crítica, uma vez que a utilização de apenas um dispositivo mecânico posteriormente, um coxim feito com lençóis enrolados anteriormente e um esparadrapo comum largo, não constituem um confiável método (Figura 16 - página 127), mas era o que os autores

dispunham de melhor. Esta fixação poderia influenciar de maneira importante no grupo convencional, fato este que, entretanto, não ocorreu, visto o adequado posicionamento do componente acetabular neste grupo.

Um conceito não abordado nesta pesquisa é o do ângulo lombo-sacro, também conhecido por “tilt pélvico”, equilíbrio pélvico ou inclinação pélvica. De um modo geral, quando o indivíduo está deitado ocorre uma diminuição da lordose lombar com conseqüente diminuição do ângulo lombo-sacro (situação também chamada de flexão pélvica, tilt pélvico anterior ou retroversão pélvica), antevertendo o acetábulo. Quando o mesmo indivíduo assume a posição em pé readquire a lordose lombar com conseqüente aumento do ângulo lombo-sacro (situação também chamada de extensão pélvica, tilt pélvico posterior ou anteversão pélvica), retrovertendo o acetábulo (**McCollum e Gray, em 1990; Eddine et al. 2001; Dorr et al. 2005; Lembeck et al., 2005; Dorr et al. 2009; Wan et al., 2009; Zhu et al., 2010**).

McCollum e Gray (1990) obtêm variações de 20° a 35° da posição deitado em decúbito lateral, para a posição em pé ou ortostática. **Babisch et al. (2008)** encontram uma média de variação de 5,4° da posição supina para a ortostática (máxima de 10° em 83% dos casos), enquanto **Lembeck et al. (2005)** encontram uma média de variação de 4°. Cada 5° de variação do “tilt pélvico” altera aproximadamente 4° na anteversão e 1,5° na inclinação (**Babisch et al., 2008**), podendo ser importante para as atividades diárias realizadas pelo portador de ATQ.

Outra avaliação também não realizada foi a do posicionamento do componente femoral. Assim, não foram estudados os conceitos de “offset” femoral e da anteversão combinada (**Dorr et al., 2009; Wan et al., 2009**). Tal anteversão somada dos componentes acetabular e femoral deve ser entre 25° e 50°, para uma adequada amplitude de movimento sem impacto.

Uma associação que aparece com força crescente na literatura é a união da ATQ navegada com técnicas minimamente invasivas ou mini-incisões (**DiGioia III et al., 2003; DiGioia III et al., 2004; Wixson e MacDonald, 2005; Walde e Walde, 2006; Weil et al., 2006; Judet, 2007; Malik e Dorr, 2007; Vail e Callaghan, 2007; Reininga et al., 2010**). A cirurgia minimamente invasiva é um procedimento que vem ganhando grande destaque na literatura ortopédica, tendo como objetivos diminuir o trauma de tecidos moles, reduzir o sangramento cirúrgico, diminuir a dor do pós-operatório, reduzir o tempo de hospitalização, melhorar a recuperação fisioterápica, e melhorar a aparência cosmética da cicatriz cirúrgica. **Reininga et al. (2010)**, através da metanálise realizada, demonstram forte evidência no menor tempo cirúrgico e no menor sangramento, não encontrando maiores complicações nos métodos minimamente invasivos. Cada vez mais trabalhos são publicados demonstrando o benefício da navegação quando o campo visual operatório diminui (**Walde e Walde, 2006; Weil et al., 2006; Malik e Dorr, 2007; Vail e Callaghan, 2007**).

No nosso trabalho, todas as cirurgias foram realizadas através de uma incisão convencional. Nosso adequado posicionamento no grupo convencional pode ter sido

fruto desta adequada exposição acetabular. Com incisões menores é possível que os resultados do posicionamento através do método convencional sejam piores.

6.6 Considerações finais

As cirurgias assistidas por computador ou navegadas entraram definitivamente na ATQ, não somente auxiliando o posicionamento acetabular. Cada vez mais trabalhos mostram o uso da navegação no posicionamento do componente femoral, no cálculo do “offset” femoral, na avaliação do comprimento do membro operado, na medição da amplitude de movimento e no treinamento dos cirurgiões. Como qualquer método tecnológico novo, a tendência é cada vez mais aumentarem as possibilidades de utilização da navegação.

Analisando nosso trabalho e os diversos outros relatados, o correto posicionamento acetabular é de extrema importância, devendo ser incansavelmente buscado pelo cirurgião.

Os conceitos do ângulo lombo-sacro ou “tilt pélvico” e da anteversão combinada precisam ser melhor estudados através de bons trabalhos prospectivos, a fim de que suas importâncias sejam corretamente determinadas.

Outros bons trabalhos também precisam ser realizados comparando grupos operados através de vias minimamente invasivas para avaliar a real utilidade da navegação nestes casos.

Nosso trabalho foi realizado com alto rigor metodológico. A randomização foi verdadeira, o paciente não sabia qual método cirúrgico seria realizado e o radiologista não sabia a qual grupo o paciente pertencia. Os resultados foram adequadamente avaliados através da TC pós-operatória com ângulos e conversões validados na literatura.

No que tange aos resultados obtidos, a amplitude de variação entre os ângulos mínimos e máximos de anteversão e inclinação do grupo convencional (29° na anteversão e $14,8^\circ$ na inclinação) mostram que precisamos melhorar os métodos convencionais que dispomos para diminuir os extremos dos resultados. A navegação diminuiu um pouco esta variabilidade ($21,7^\circ$ na anteversão e $9,4^\circ$ na inclinação), porém ainda não é o ideal. Talvez um método de aquisição do PPA mais acurado, para melhor municiarmos o sistema, seja uma boa perspectiva para o futuro ou, quem sabe, ainda, a associação de outros pontos anatômicos (como as paredes acetabulares) com a navegação seja realmente o melhor caminho.

A ATQ navegada é uma técnica segura e reprodutível, que aumenta pouco o tempo cirúrgico e não apresenta complicações específicas do método. Entendemos, pois, que a navegação da ATQ, bem como outras cirurgias assistidas por computador, chegam para melhorarmos nossa técnica e devem ser cada vez mais desenvolvidas. O custo do

procedimento navegado ou assistido pelo computador, como qualquer técnica que envolve uma nova tecnologia, sem dúvida é maior do que o custo do procedimento realizado convencionalmente. Acreditamos, entretanto, que também como acontece com outros métodos que estão em constante desenvolvimento, este custo baixará com o tempo.

O bom cirurgião, entretanto, deverá estar sempre bem preparado para realizar o procedimento de ATQ sem depender da máquina, visto que esta pode falhar no meio da cirurgia. Realizando a ATQ adequadamente da maneira convencional, através da boa seleção do paciente, adequada avaliação radiológica e planejamento, boa fixação do paciente na mesa cirúrgica, cuidado na via de acesso, escolha adequada do implante, seu correto posicionamento com a identificação da sua anatomia e com o auxílio dos guias mecânicos, boa tensão muscular e orientação pós-operatória, obteremos, também, um bom resultado.

A busca de melhores resultados operatórios, aliás, é inerente aos cirurgiões. Tendo o perfeccionismo como traço comum, nossa meta, em última análise, é compreender bem todos os fatores que exercem influência sobre a artroplastia total de quadril, a fim de poder proporcionar a melhor cirurgia possível para nossos pacientes. Neste caminho infundável, certamente teremos na navegação, com seu constante desenvolvimento, uma importante aliada no futuro. Nosso objetivo é justamente estudar melhor todos os fatores mencionados e participar passo a passo do desenvolvimento da navegação na artroplastia total do quadril.

7. CONCLUSÃO

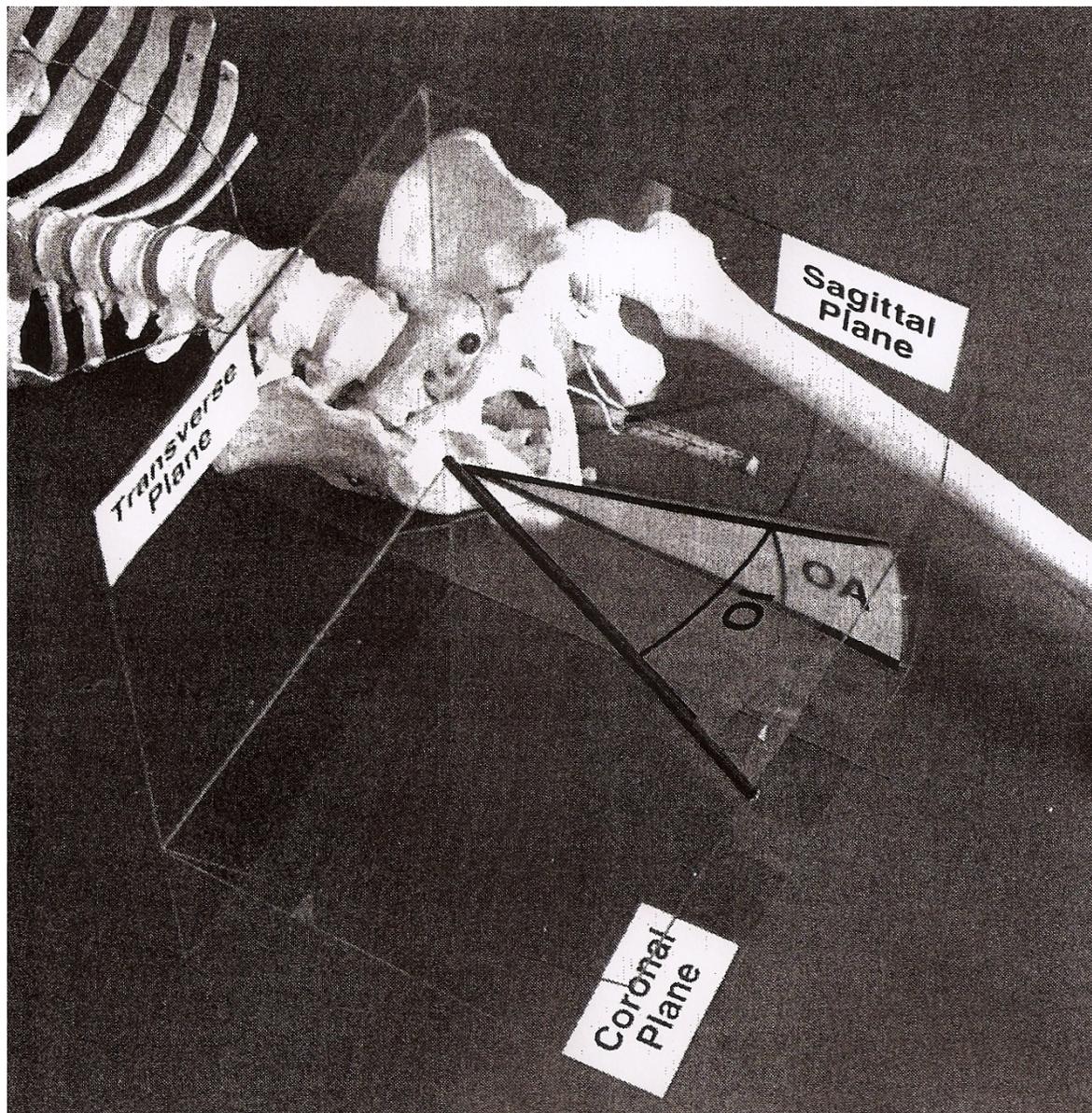
7. CONCLUSÃO

A avaliação tomográfica pós-operatória do posicionamento acetabular na artroplastia total do quadril, realizada com o paciente em decúbito lateral, foi semelhante se comparada a técnica navegada com a técnica convencional.

8. ANEXOS

8. ANEXOS

Figura 1. Cálculo dos ângulos cirúrgicos de anteversão (OA) e inclinação (OI) – extraído de Murray (1993)



Ângulo de anteversão cirúrgico (OA) = ângulo entre o eixo longitudinal (plano coronal) e o eixo longo acetabular (axis) projetado no plano sagital.

Ângulo de inclinação cirúrgico (OI) = ângulo entre o eixo longo acetabular (axis) e o plano sagital (este ângulo está num plano coronal oblíquo determinado pelo axis acetabular).

Figura 2. Plano pélvico anterior (PPA) tomográfico

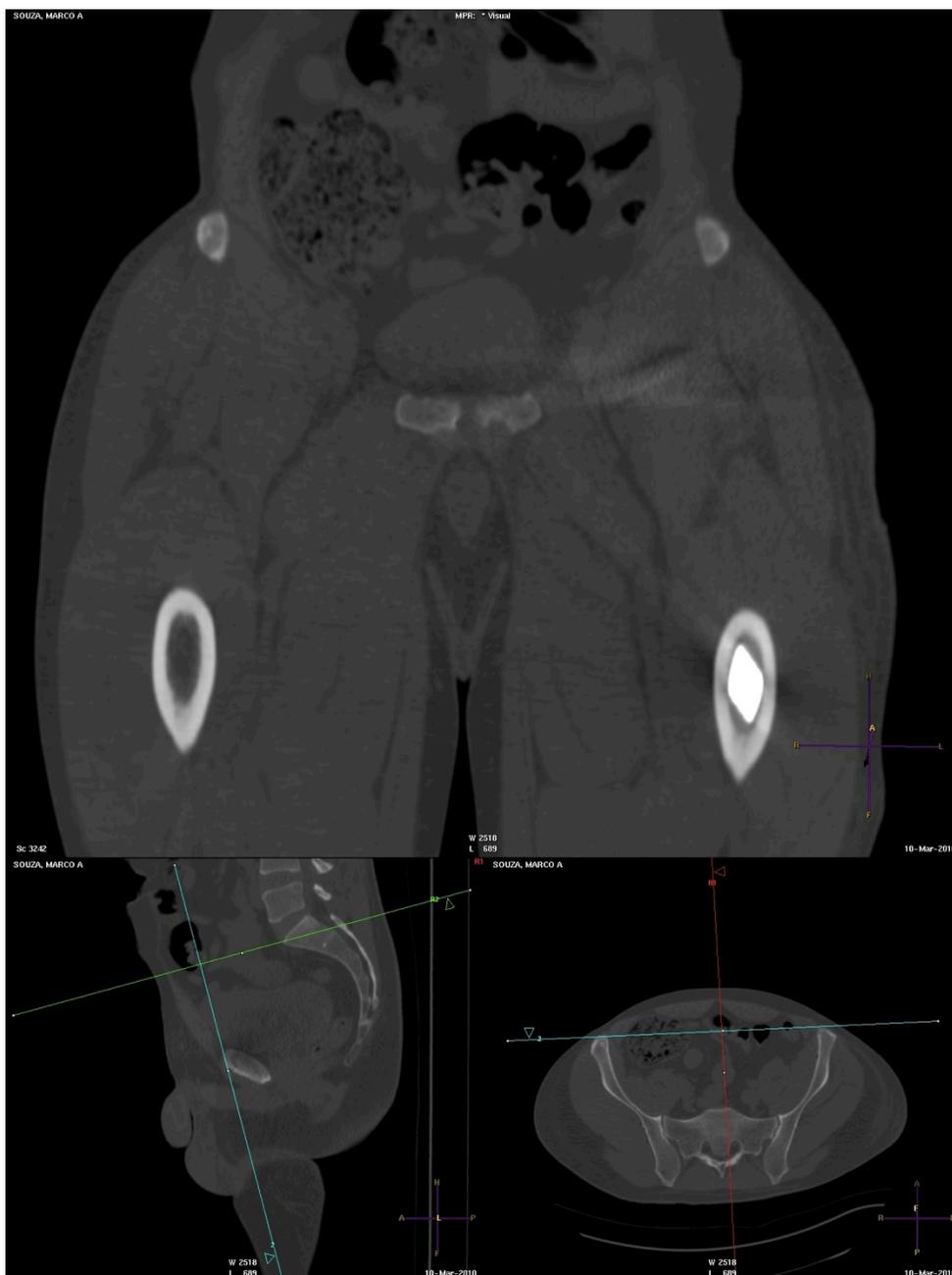


Imagem superior: plano pélvico anterior (PPA) = plano coronal.

Imagem inferior direita: plano axial ou transversal perpendicular ao PPA.

Imagem inferior esquerda: plano sagital perpendicular aos dois planos anteriores. Neste plano sagital o PPA (coronal) é representado pela linha azul enquanto o plano axial é representado pela linha verde.

Quadro 1- Descrição geral dos resultados

SEXO	NAVEGAÇÃO	IDADE	IMC	ANTEVERSAÇÃO	INCLINAÇÃO	TEMPO	DRENO	DIA	DIA	INCISÃO	DISCREPÂNCIA
		(anos)	(kg/m ²)	(graus)	(graus)	(min)	(ml)	TC	ALTA	(cm)	DOS MMII (mm)
F	SIM	53	24,8	18,4	44,8	118	160	3	5	14	0
M	SIM	57	29,7	5,7	42,7	115	200	2	3	15	0
F	SIM	73	27,55	20,4	45	107	440	3	4	15	5
F	SIM	76	25,39	11,4	37,6	105	380	2	4	12	4
M	SIM	35	30,11	20,5	41,7	103	530	2	5	14	7
M	SIM	38	24,8	21,3	40,5	123	540	3	4	15	5
F	SIM	42	30,12	15,6	46,2	129	110	1	3	16	0
M	SIM	44	34,72	13,8	43,2	123	430	2	4	16	7
F	SIM	56	24,03	17,3	38,3	129	560	2	5	14	6
M	SIM	25	25,39	23,7	37,6	108	490	2	4	12	3
M	SIM	71	30,38	15,5	36,8	118	560	1	6	14	0
F	SIM	39	25,39	15,8	38,4	124	620	4	4	16	0
M	SIM	63	29,07	10,2	39,7	108	410	2	4	11	0
F	SIM	50	29,39	24,4	43,3	113	600	2	5	15	0
F	SIM	36	22,86	20,7	45,1	123	450	3	3	10	9
F	SIM	63	25,78	27,3	39,2	112	320	3	3	13	6
M	SIM	46	22,72	13,2	41,2	114	460	2	3	14	0
M	SIM	64	28,71	27,2	43,8	112	350	2	2	16	3
F	SIM	40	24,03	5,6	43,9	111	450	2	4	15	2
M	SIM	54	32,74	20,8	45,8	113	180	3	3	14	0
M	NÃO	75	29,38	10,8	40,8	112	350	2	5	15	0
M	NÃO	62	27,25	2,5	43,1	112	280	3	4	15	5
M	NÃO	52	28,7	11,2	42,9	105	350	2	4	16	0
M	NÃO	61	24,42	3,2	39,8	97	340	3	3	14	0
M	NÃO	49	26,93	10,2	42,2	105	290	2	5	13	0
M	NÃO	45	25,16	15	47,2	113	320	3	5	16	0
F	NÃO	54	23,83	24,8	38,2	110	490	2	5	15	5
M	NÃO	36	29,38	12,2	43,1	113	300	3	5	16	0
M	NÃO	39	25,39	29,2	44,9	106	300	1	5	16	0
M	NÃO	71	27,64	16,1	44,6	108	270	4	3	15	0
F	NÃO	70	32,46	10,7	43,3	104	630	3	5	16	4
M	NÃO	50	33,03	11,8	41,2	101	360	2	3	15	5
M	NÃO	28	15,57	17,4	43,4	102	180	1	4	9	0
M	NÃO	56	31,16	18,1	38,2	113	600	2	4	15	9
F	NÃO	57	26,67	3,3	49,2	100	260	2	3	16	4
M	NÃO	62	28,71	23,7	34,4	96	340	1	4	16	0
M	NÃO	58	21,65	5,1	43,8	104	560	3	5	15	0
M	NÃO	45	34,72	13,6	40,7	106	530	2	3	16	0
M	NÃO	72	27,64	31,5	40,5	108	320	2	4	15	6
M	NÃO	37	29,38	19,8	42,9	97	660	4	3	16	8

Figura 3. Bom posicionamento – anteversão cirúrgica

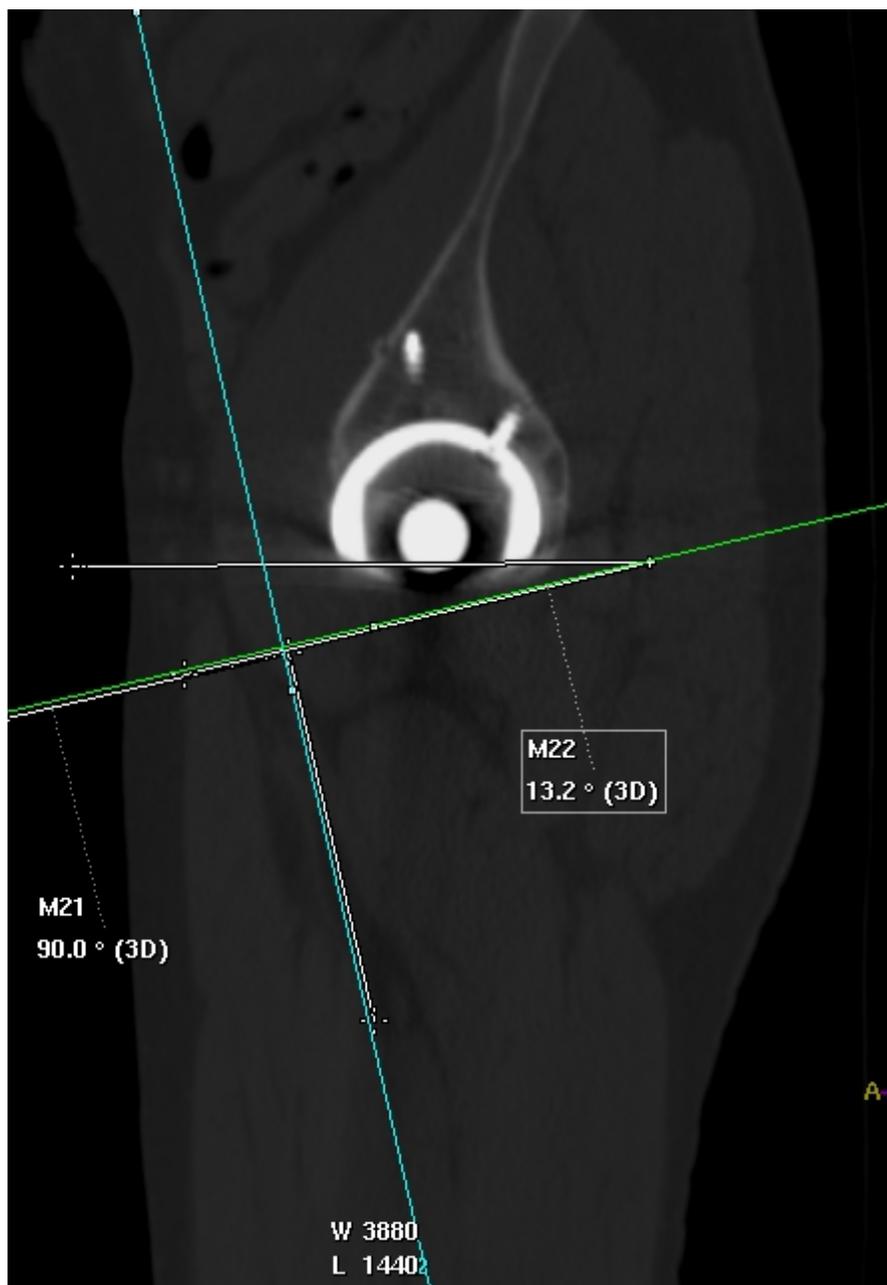


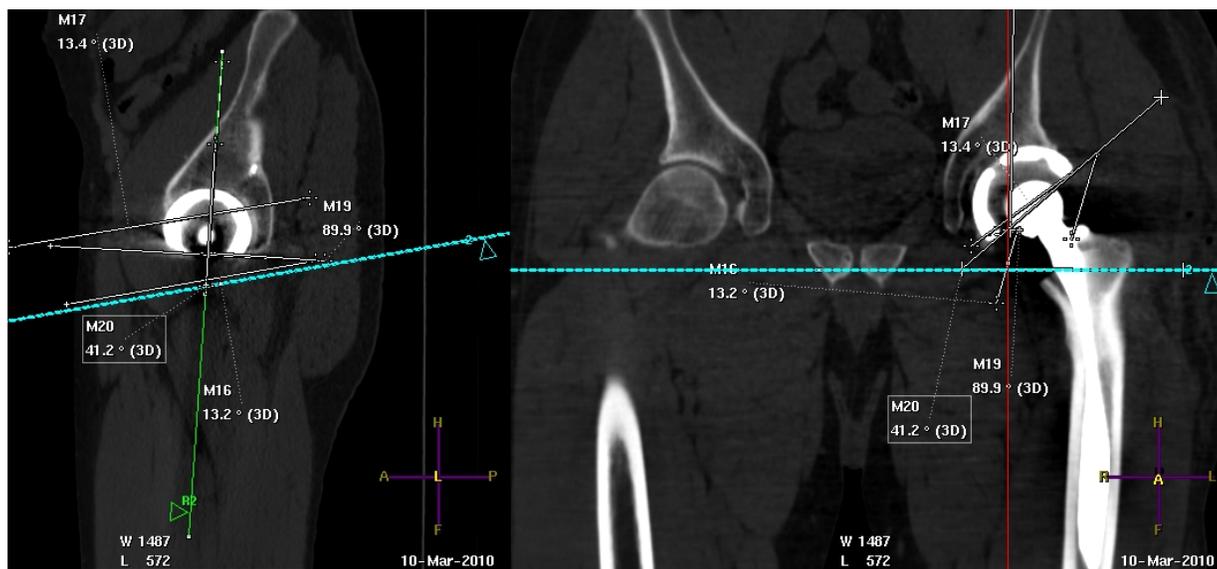
Imagem no plano sagital perpendicular ao PPA (coronal) e ao axial.

Linha azul = projeção do PPA.

Linha verde = projeção do plano axial (perpendicular ao PPA e ao plano sagital).

Ângulo de anteversão cirúrgico = ângulo entre o eixo longo acetabular (axis) e o eixo longitudinal (PPA ou linha azul) = ângulo entre a abertura da taça e o eixo axial (linha verde) = 13,2°.

Figura 4. Bom posicionamento – inclinação cirúrgica



Esquerda: imagem no plano sagital perpendicular ao PPA (coronal) e ao axial.

Direita: imagem no plano que sai do eixo longo da taça acetabular (axis) – coronal oblíquo.

Linha azul das duas imagens = projeção do plano axial ou transversal perpendicular ao PPA.

Linha verde da imagem à esquerda = eixo longo da taça acetabular (axis) que gera o plano coronal oblíquo (imagem à direita).

Ângulo de inclinação cirúrgico = ângulo entre o eixo longo da taça acetabular (axis) e o eixo sagital (linha vermelha) = ângulo entre a abertura da taça e o eixo axial ou transversal (linha azul) = $41,2^{\circ}$.

Figura 5. Mau posicionamento – anteversão cirúrgica (grupo navegado)

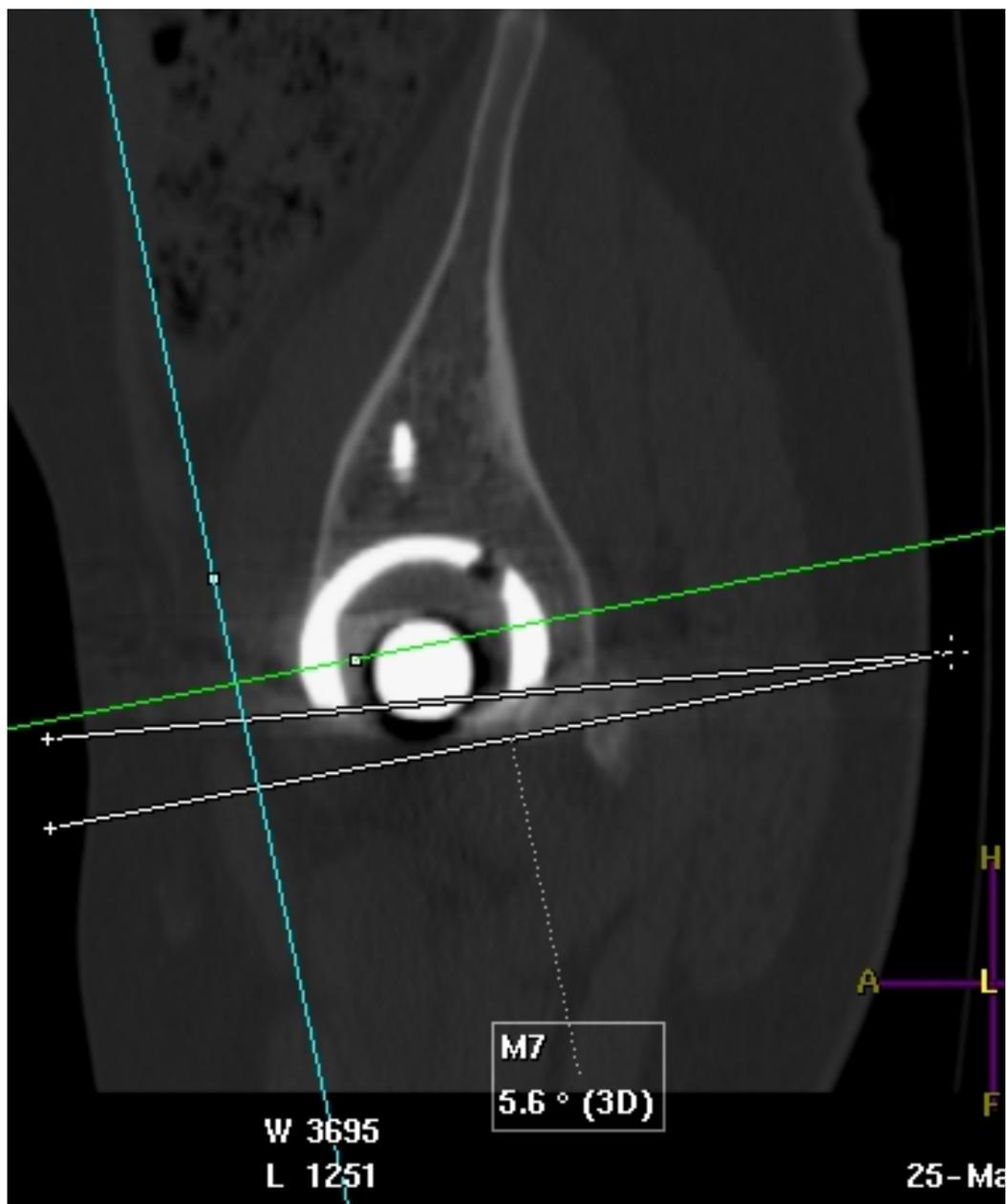


Imagem no plano sagital perpendicular ao PPA (coronal) e ao axial.

Linha azul = projeção do PPA.

Linha verde = projeção do plano axial (perpendicular ao PPA e ao plano sagital).

Ângulo de anteversão cirúrgica = ângulo entre o eixo longo acetabular (eixo axial) e o eixo longitudinal (PPA ou linha azul) = ângulo entre a abertura da taça e o eixo axial (linha verde) = $5,6^{\circ}$ gerando um mau posicionamento.

Figura 6. Mau posicionamento – anteversão cirúrgica (grupo convencional)

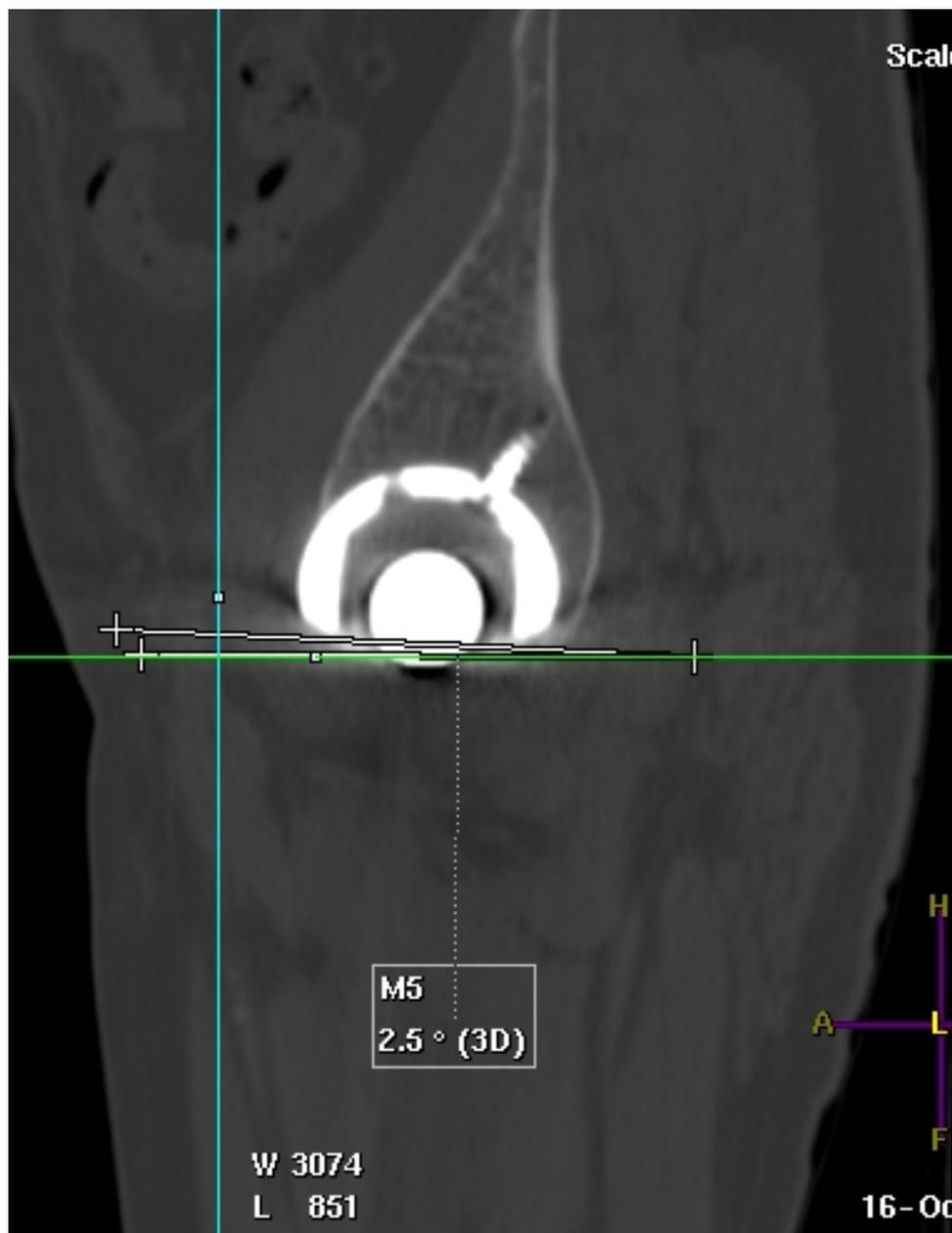


Imagem no plano sagital perpendicular ao PPA (coronal) e ao axial.

Linha azul = projeção do PPA.

Linha verde = projeção do plano axial (perpendicular ao PPA e ao plano sagital).

Ângulo de anteversão cirúrgica = ângulo entre o eixo longo acetabular (axis) e o eixo longitudinal (PPA ou linha azul) = ângulo entre a abertura da taça e o eixo axial (linha verde) = 2,5° gerando um mau posicionamento.

Figura 11. Incisão cutânea de um cm na crista ilíaca realizada antes da incisão principal – grupo navegado



Figura 12. Incisão cutânea de um cm na crista ilíaca, realizada no meio da cirurgia para monitorar o comprimento do membro operado – grupo convencional



Figura 13. Fratura do fêmur proximal tratada com cerclagem: reconstrução pós-operatória tomográfica

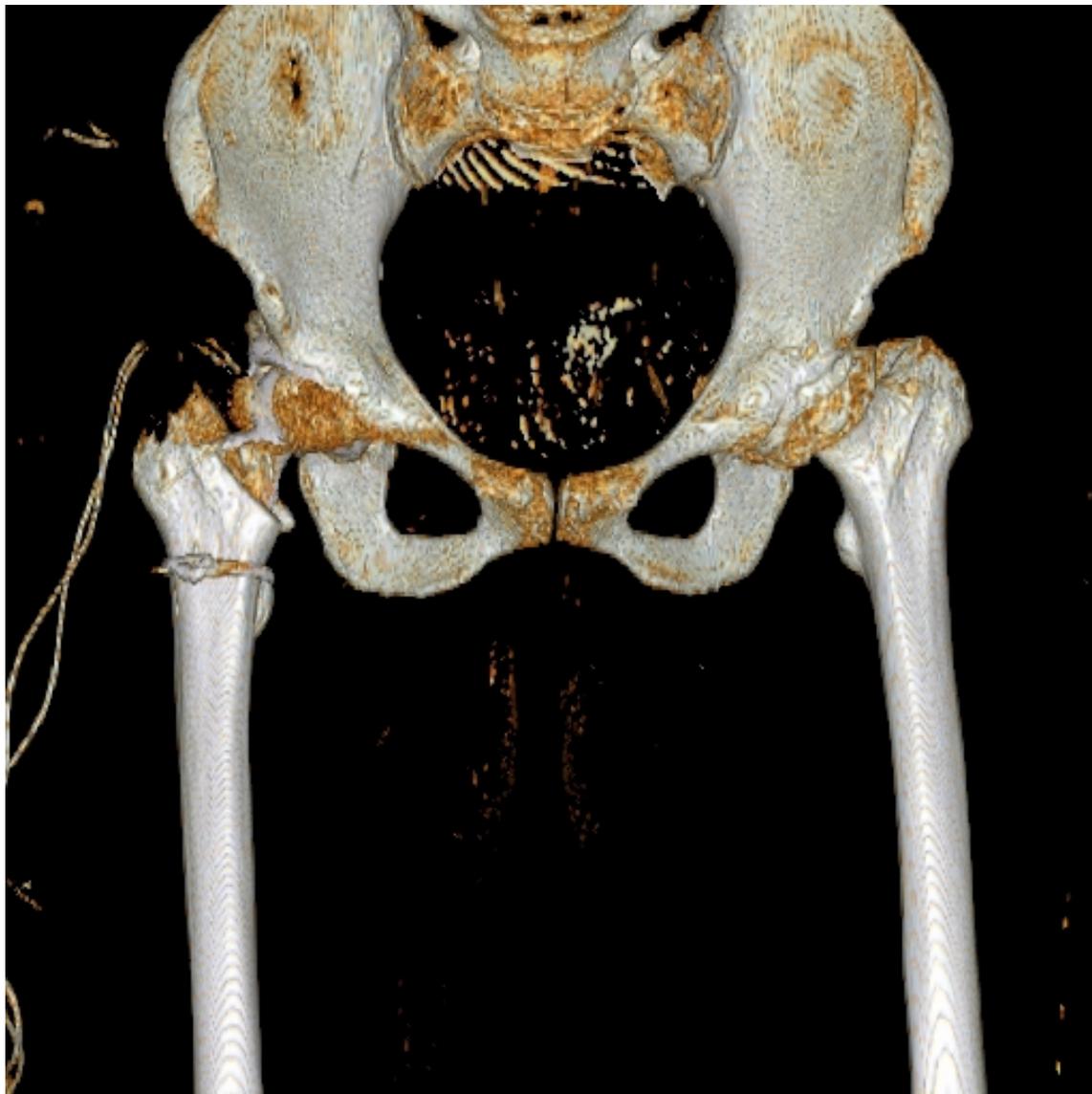


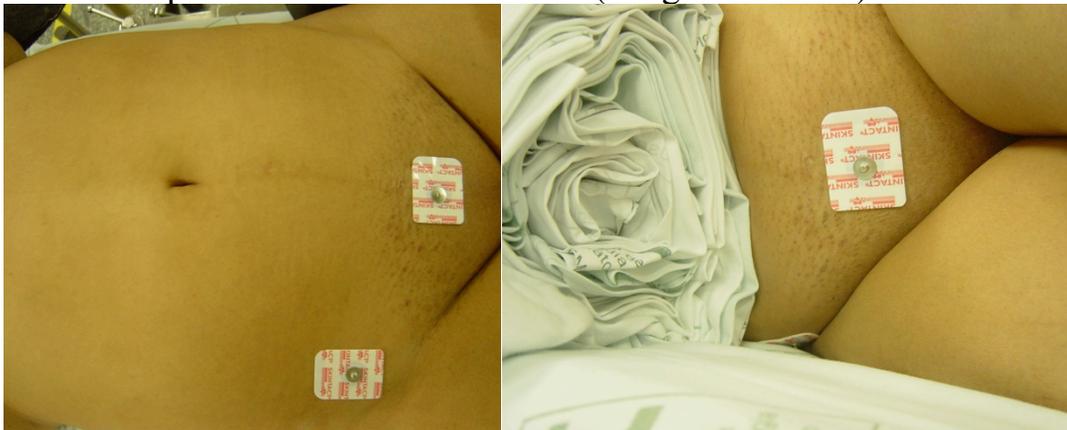
Figura 14. Fratura do fêmur proximal tratada com cerclagem (mesmo caso da Figura 13): radiografia com seis meses de pós-operatório, boa evolução



Figura 15. Eléttodos de eletrocardiograma que auxiliaram na obtenção do PPA com o paciente em decúbito lateral

A: Paciente em decúbito dorsal horizontal (imagem à esquerda)

B: Mesma paciente em decúbito lateral (imagem à direita)



9. REFERÊNCIAS

9. REFERÊNCIAS

Ackland MK, Bourne WB, Uthoff HK. Anteversion of the acetabular cup. *J Bone Joint Surg Br.* 1986; 68(3):409-13.

Albuquerque RFM. Navegação na artroplastia total de joelho. *Rev Bras Ortop.* 2011; 46(1):18-22.

Amiot LP, Poulin F. Computed tomography-based navigation for hip, knee, and spine Surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 2004; (421):77-86.

Archbold HAP, Mockford B, Molloy D, McConway J, Ogonda L, Beverland D. The transverse acetabular ligament: an aid to orientation of the acetabular component during primary total hip replacement: A preliminary study of 1000 cases investigating postoperative stability. *J Bone Joint Surg Br.* 2006; 88(7):883-6.

Babisch JW, Lather F, Amiot LP. The rationale for tilt-adjusted acetabular cup navigation. *J Bone Joint Surg Am.* 2008; 90(2):357-65.

Beckmann J, Stengel D, Tingart M, Götz J, Grifka J, Lüring C. Navigated cup implantation in hip arthroplasty: A meta-analysis. *Acta Orthop.* 2009; 80(5):538-44.

Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E, Ong K, Vail TP, Berry DJ. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91(1):128-33.

Braun A, Lazovic D, Zigan R. Modular short-stem prosthesis in total hip arthroplasty: implant positioning and the influence of navigation. *Orthopedics.* 2007; 30(10 Suppl): S148-52.

Callanan MC, Jarrett B, Bragdon CR, Zurakowski D, Rubash HE, Freiberg AA, Malchau H. The John Charnley Award. Risk factors for cup malpositioning. Quality improvement through a joint registry at a tertiary hospital. *Clin Orthop Relat Res.* 2011; 469(2):319-29.

Cobb JP, Kannan V, Brust K, Thevendran G. Navigation reduces the learning curve in resurfacing total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; (463):26-30.

Confalonieri N, Manzotti A, Montironi F, Pullen C. Leg length discrepancy, dislocation rate, and offset in total hip replacement using a short modular stem: navigation vs conventional free-hand. *Orthopedics.* 2008; 31 (10 Suppl 1). Available from: <http://www.orthosupersite.com/view.aspx?rid=35541>.

Cunningham DJ, Robinson A. *Cunningham's textbook of anatomy* (on-line). 5th ed. London: Hodder & Stoughton; 1922. Available from: <http://books.google.com.br/books?id=TdfIAHpC8XkC&pg=PA493&lpg=PA493&dq=Peelvis.+Cunningham%27s+textbook+of+anatomy&source=bl&otsWBF0R9Afi&sig=1iD>

[9ycs5dAHtx11SRHllgle-vB4&hl=pt-BR&ei%8BW1TNe_J8G88gbdzviaDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&vedBUQ6AEwAA - v=onepage&q&f%False.](#)

DiGioia III AM, Jaramaz B, Blackwell M, Simon DA, Morgan F, Moody JE, Nikou C, Colgan BD, Aston CA, LaBarca RS, Kischell E, Kanade T. The Otto Aufranc Award. Image guided navigation system to measure intraoperatively acetabular implant alignment. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; (355):8-22.

DiGioia III AM, Jaramaz B, Plakseychuk AY, Moody JE, Nikou C, LaBarca RS, Levison TJ, Picard F. Comparison of a mechanical acetabular alignment guide with computer placement of the socket. *J Arthroplasty.* 2002; 17(3):359-64.

DiGioia III AM, Plakseychuk AY, Levison TJ, Jaramaz B: Mini-incision technique for total hip arthroplasty with navigation. *J Arthroplasty.* 2003; 18(2):123-8.

DiGioia III AM, Blendea S, Jaramaz B. Computer-assisted orthopaedic surgery: minimally invasive hip and knee reconstruction. *Orthop Clin North Am.* 2004; 35(2):183-9.

Dorr LD, Hishiki Y, Wan Z, Newton D, Yun A. Development of imageless computer navigation for acetabular component position in total hip replacement. *Iowa Orthop J.* 2005;25:1-9.

Dorr LD, Malik A, Wan Z, Long WT, Harris M. Precision and bias of imageless computer navigation and surgeon estimates for acetabular component position. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; (465):92-8.

Dorr LD, Malik A, Dastane M, Wan Z. Combined anteversion technique for total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2009; 467(1):119-27.

Dorr LD, Dashmane P. Precision surgery. *Orthopedics.* 2009; 32(9). Available from: <http://www.orthosupersite.com/view.aspx?rid=42847>.

Ecker TM, Tannast M, Murphy SB. Computed tomography-based surgical navigation for hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; (465):100-5.

Eddine TA, Migaud H, Chantelot C, Cotten A, Fontaine C, Ducquennoy A. Variations of pelvic anteversion in the lying and standing positions analysis of 24 control subjects and implications for CT measurement of position of a prosthetic cup. *Surg Radiol Anat.* 2001; 23(2):105-10.

Egawa H, Nakano S, Hamada D, Sato R, Yasui N. Total hip arthroplasty in osteopetrosis using computer-assisted fluoroscopic navigation. *J Arthroplasty.* 2005; 20(8):1074-7.

Fukunizhi S, Fukui T, Imamura F, Nishio S. Assessment of accuracy of acetabular cup orientation in CT-free navigated total hip arthroplasty. *Orthopedics.* 2008; 31(10). Available from: <http://www.orthosupersite.com/view.aspx?rid=31515>.

Gandhi R, Marchie A, Farrokhyar F, Mahomed N. Computer navigation in total hip replacement: a meta-analysis. *Int Orthop*. 2009; 33(3):593-7.

Gofton W, Dubrowski A, Tabloie F, Backstein D. The effect of computer navigation on trainee learning of surgical skills. *J Bone J Surg Am*. 2007; 89(12):2819-27.

Gravius S, Belei P, la Fuente M, Müller-Rath R, Radermacher K, Wirtz D, Mumme T. Functionality and accuracy of a fluoroscopic navigation system in the placement of the femoral component for hip resurfacing – a cadaver study. *Z Orthop Unfall*. 2008; 146(3):357-63.

Grützner PA, Zheng G, Langlotz U, von Recum J, Nolte LP, Wentzensen A, Widmer KH, Wendl K. C-arm based navigation in total hip arthroplasty-background and clinical experience. *Injury*. 2004; 35(Suppl 1):S-A90-5.

Haaker RGA, Tiedjen K, Ottersbach A, Rubenthaler F, Stockheim M, Stiehl JB. Comparison of conventional versus computer-navigated acetabular component insertion. *J Arthroplasty*. 2007; 22(2):151-9.

Hakki S, Oliveira JD, Dordelly L. Comparative study of acetabular center axis vs anterior pelvic plane registration technique in navigated hip arthroplasty. *Orthopedics*. 2008; 31 (Suppl 1). Available from:
<http://www.orthosupersite.com/view.aspx?rid=35531>.

Hardinge K. The direct lateral approach to the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1982; 64(1):17-9.

Hart R, Sváb P, Filan P. Intraoperative navigation in hip surface arthroplasty: a radiographic comparative analysis study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008; 128(4):429-34.

Hasart O, Perka C, Tohtz S. Comparison between pointer-based and ultrasound-based navigation technique in THA using a minimally invasive approach. *Orthopedics.* 2008; 31 (10 Suppl 1). Available from: <http://www.orthosupersite.com/view.aspx?rid=35540>.

Hasart O, Poeplau BM, Asbach P, Perka C, Wassilew GI. Ultrasound-based navigation and 3D CT compared in acetabular cup position. *Orthopedics.* 2009; 32(10 Suppl):6-10.

Hassan MD, Johnston GHF, Dust WNC, Watson G, Dolovich AT. Accuracy of intraoperative assessment of acetabular prosthesis placement. *J Arthroplasty.* 1998; 13(1):80-4.

Herrlin K, Selvik G, Pettersson H. Space orientation of total hip prosthesis. *Acta Radiol Diagn.* 1986; 27(6):619-27.

Herrlin K, Pettersson H, Selvik G. Comparison of two and three-dimensional methods for assessment of orientation of the total hip prosthesis. *Acta Radiol Diagn.* 1988; 29(3):357-61.

Hirakawa K, Mitsugi N, Koshino T, Saito T, Hirakawa Y, Kubo T. Effect of acetabular cup position and orientation in cemented total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2001; (388):135-42.

Honl M, Schwieger K, Gauck CH, Lampe F, Morlock MM, Wimmer MA, Hille E. Pfannenposition und Orientierung im Vergleich – Navigation vs. konventionelle Handimplantation von Hüftendoprothesen [abstract]. *Orthopäde.* 2005; 34(11):1131-6.

Jaramaz B, DiGioia III AM, Blackwell MS, Nikou C. Computer assisted measurement of cup placement in total hip replacement. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; (354):70-81.

Jerosch J, Weipert A, Hanusek S, Schneppenheim M. Movement mapping as dynamic preoperative surgical planning in total hip replacement. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2002; 122(6):342-5.

Jingushi S, Mizu-uchi H, Nakashima Y, Yamamoto T, Mawatari T, Iwamoto Y. Computed tomography-based navigation to determine the socket location in total hip arthroplasty of an osteoarthritis hip with a large leg length discrepancy due to severe acetabular dysplasia. *J Arthroplasty.* 2007; 22(7):1074-8.

Jolles BM, Genoud P, Hoffmeyer P. Computer-assisted cup placement techniques in total hip arthroplasty improve accuracy of placement. *Clin Orthop Relat Res.* 2004; (426):174-9.

Judet H. Five years of experience in hip navigation using a mini-invasive anterior approach. *Orthopedics*. 2007; 30(10 Suppl):S141-3.

Kalteis T, Handel M, Herold T, Perlick L, Baethis H, Grifka J. Greater accuracy in positioning of the acetabular cup by using an image-free navigation system. *Int Orthop*. 2005; 29(5):272-6.

Kalteis T, Handel M, Bähris H, Perlick L, Tingart M, Grifka J. Imageless navigation for insertion of the acetabular component in total hip arthroplasty: Is it as accurate as CT-based navigation? *J Bone J Surg Br*. 2006a; 88(2):163-7.

Kalteis T, Handel M, Herold T, Perlick L, Paetzel C, Grifka J. Position of the acetabular cup – accuracy of radiographic calculation compared to CT-based measurement. *Eur J Radiol*. 2006b; 58:294-300.

Kanesaki K, Hieda H, Nagata K. Current status of navigated cup replacement in dysplastic cases. *Orthopedics*. 2006; 29(10 Suppl):S113-6.

Kanlic EM, DeLaRosa F, Pirela-Cruz M. Computer assisted orthopaedic surgery – CAOS. *Bosn J Basic Med Sci*. 2006; 6(1):7-13.

Keppler P, Krysztoforski K, Swiatek E, Krowicki P, Kozak J, Gebhard F, Pinzutti JB. A new experimental measurement and planning tool for sonographic-assisted navigation. *Orthopedics*. 2007; 30(10 Suppl):S144-7.

Kiefer H. Orthopilot cup navigation – how to optimize cup positioning? *Int Orthop*. 2003; 27 (Suppl 1):S37-42.

Kiefer H, Othman A. Orthopilot total hip arthroplasty workflow and surgery. *Orthopedics*. 2005; 28 (10 Suppl):S1221-6.

Kiefer H, Othman A. Ultrasound vs pointer palpation based method in THA navigation: A comparative study. *Orthopedics*. 2007a; 30(Suppl. 10):S153-6.

Kiefer H, Othman A. The Orthopilot navigation system for primary bicontact total hip replacement. *Z Orthop Unfall*. 2007b; 145(Suppl 1):S49-52.

Kummer FJ, Shah S, Iyer S, Di Cesare P. The effect of acetabular cup orientations on limiting hip rotation. *J Arthroplasty*. 1999; 14(4):509-13.

Lazovic D, Kaib N. Results with navigated bicontact total hip arthroplasty. *Orthopedics*. 2005; 28(10 Suppl):S1227-33.

Lazovic D, Zigan R. Navigation of short-stem implants. *Orthopedics*. 2006; 29(10 Suppl):S125-9.

Lee YS, Yoon TR. Error in acetabular socket alignment due to the thick anterior pelvic soft tissues. *J Arthroplasty*. 2008; 23(5):699-706.

Leenders T, Vandeveld D, Mahieu G, Nuyts R. Reduction in variability of acetabular cup abduction using computer assisted surgery: A prospective and randomized study. *Comput Aided Surg.* 2002; 7(2):99-106.

Lembeck B, Mueller O, Reize P, Wuelker N. Pelvic tilt makes acetabular cup navigation inaccurate. *Acta Orthop.* 2005; 76(4):517-23.

Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. *J Bone Joint Surg Am.* 1978; 60(2):217-20.

Mainard D. Navigated and nonnavigated total hip arthroplasty: Results of two consecutive series using a cementless straight hip stem. *Orthopedics.* 2008; 31(10 Suppl 1). Available from: <http://www.orthosupersite.com/view.aspx?rid=35528>.

Malik A, Dorr LD. The Science of Minimally Invasive Total Hip Arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2007; (463):74-84.

Maruyama M, Feinberg JR, Capello WN, D'Antonio JA. The Frank Stinchfield Award. Morphologic features of the acetabulum and femur: anteversion angle and implant position. *Clin Orthop Relat Res.* 2001;(393):52-65.

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(7):487-92.

McCollum DE, Gray WJ. Dislocation after total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 1990; (261):159-70.

McLaren, RH. Prosthetic hip angulation. *Radiology.* 1973; 107(3):705-6.

Miki H, Yamanashi W, Nishii T, Sato Y, Yoshikawa H, Sugano N. Anatomic hip range of motion after implantation during total hip arthroplasty as measured by a navigation system. *J Arthroplasty.* 2007; 22(7):946-52.

Minoda Y, Kadowaki T, Kim M. Acetabular component orientation in 834 total hip arthroplasties using a manual technique. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; (445):186-91.

Moskal JT, Capps SG. Improving the accuracy of acetabular component orientation: avoiding malposition. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010; 18(5):286-96.

Murphy SB, Ecker TM, Tannast M. THA performed using conventional and navigated tissue preserving techniques. *Clin Orthop Relat Res.* 2006; (453):160-7.

Murray DW. The definition and measurement of acetabular orientation. *J Bone Joint Surg Br.* 1993; 75(2):228-32.

Murtha PE, Hafez MA, Jaramaz B, DiGioia III AM. Variations in acetabular anatomy with reference to total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2008; 90(3):308-15.

Najarian BC, Kilgore JE, Markel DC. Evaluation of component positioning in primary total hip arthroplasty using an imageless navigation device compared with traditional methods. *J Arthroplasty*. 2009; 24(1):15-21.

Neter J, Kutner MH, Nachtsheim CJ, Wasserman W. *Applied linear statistical models*. 4th ed. Boston: McGraw-Hill;1996.

Nogler M, Kessler O, Prassl A, Donnelly B, Streicher R, Sledge JB, Krismer M. Reduced variability of acetabular cup positioning with use of an imageless navigation system. *Clin Orthop Relat Res*. 2004; (426):159-63.

Ohashi H, Matura M, Okamoto Y, Ebara T, Kakeda K, Takahashi S. Status of navigated total hip arthroplasty in dysplastic osteoarthritis. *Orthopedics*. 2007; 30(10 Suppl):S117-20.

Olivecrona H, Weidenhielm L, Olivecrona L, Beckman MO, Stark A, Noz ME, Maguire Jr GQ, Zeleznik MP, Svensson L, Jonson T. A new CT method for measuring cup orientation after total hip arthroplasty: A study of 10 patients. *Acta Orthop Scand*. 2004; 75(3):252-60.

Ottersbach A, Haaker R. Optimierung der Pfannenpositionierung in der Hüftendoprothetik – vergleichende Untersuchung freihandimplantierter und

computerassistent platzierter Hüftpfannen mit dem Orthopilot-Navigations-System [abstract]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.* 2005; 143(6):611-5.

Padgett DE, Hendrix SL, Mologne TS, Peterson DA, Holley KA. Effectiveness of an acetabular positioning device in primary total hip arthroplasty. *HSS J.* 2005; 1(1):64-7.

Parratte S, Argenson JNA. Validation and usefulness of a computer-assisted cup-positioning system in total hip arthroplasty: A prospective, randomized, controlled study. *J Bone Joint Surg Am.* 2007; 89(3):494-9.

Pierchon F, Pasquier G, Cotten A, Fontaine C, Clarisse J, Duquenois A. Causes of dislocation of total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 1994; 76(1):45-8.

Pradhan R. Planar anteversion of the acetabular cup as determined from plain anteroposterior radiographs. *J Bone Joint Surg Br.* 1999; 81(3):431-5.

Queiroz RD, Pena LF, Borger RA, Morete RA, Takano MI, Franco RS. A acurácia da cirurgia assistida por navegador na artroplastia total do quadril. *RBM Rev. Bras. Med.* 2010; 67:7-12.

Reininga IH, Zijlstra W, Wagenmakers R, Boerboom AL, Huijbers BP, Groothoff JW, Bulstra SK, Stevens M. Minimally invasive and computer-navigated total hip arthroplasty: a qualitative and systematic review of the literature. *BMC Musculoskelet Disord.* 2010; 11: 92-104.

Ryan JA, Jamali AA, Bargar W. Accuracy of computer navigation for acetabular component placement in THA. *Clin Orthop Relat Res*. 2010; 468(1):169-77.

Sarmiento A, Ebramzadeh E, Gogan WJ, Mckellop HA. Cup containment and orientation in cemented total hip arthroplasties. *J Bone Joint Surg Br*. 1990; 72(6):996-1002.

Saxler G, Marx A, Vandeveld D, Langlotz U, Tannast M, Wiese M, Michaelis U, Kemper G, Grützner PA, Steffen R, von Knoch M, Holland-Letz T, Bernsmann K. The accuracy of free-hand cup positioning – a CT based measurement of cup placement in 105 total hip arthroplasties. *Int Orthop*. 2004; 28(4):198-201.

Schmerwitz U. Total Hip Arthroplasty: First experiences with pinless THA software to determine leg length and offset. *Orthopedics*. 2007; 30(10 Suppl)S124-6.

Sotereanos NG, Miller MC, Smith B, Hube R, Sewecke JJ, Wohlrab D. Using intraoperative pelvic landmarks for acetabular component placement in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2006; 21(6):832-40.

Specht LM, Koval KJ. Robotics and Computer-Assisted Orthopaedic Surgery. *Bull Hosp Jt Dis (New York)*. 2002; 60(3):168-72.

Spencer JMF, Day RE, Sloan KE, Beaver RJ. Computer navigation of the acetabular component. A cadaver reliability study. *J Bone Joint Surg Br*. 2006; 88(7):972-5.

Steppacher SD, Tannast M, Zheng G, Zhang X, Kowal J, Anderson SE, Siebenrock KA, Murphy SB. Validation of a new method for determination of cup orientation in THA. *J Orthop Res.* 2009; 27(12):1583-8.

Steppacher SD, Kowal JH, Murphy SB. Improving cup positioning using a mechanical navigation instrument. *Clin Orthop Relat Res.* 2011; 469(2):423-8.

Stipcak V, Stoklas J, Hart J, Janecek M. Implantation of a non-cemented acetabulum with the use of a navigation system [abstract]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2004; 71(5):288-91.

Sugano N, Nishii T, Miki H, Yoshikawa H, Sato Y, Tamura S. Mid-term results of cementless total hip pelacement using a ceramic-on-ceramic bearing with and without computer navigation. *J Bone Joint Surg Br.* 2007; 89(4):455-60.

Tannast M, Langlotz U, Siebenrock KA, Wiese M, Bernsmann K, Langlotz F. Anatomic referencing of cup orientation in total hip arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res.* 2005; (436):144-50.

Vail TP, Callaghan JJ. Minimal incision total hip arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007; 15(12):707-15.

Visser JD, Konings JG. A new method for measuring angles after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br.* 1981; 63(4):556-9.

Walde HJ, Walde TA. Minimally invasive orthopedic surgery: first results in navigated total hip arthroplasty. *Orthopedics.* 2006; 29(10 Suppl):S139-41.

Wan Z, Malik A, Jaramaz B, Chao L, Dorr, LD. Imaging and navigation measurement of acetabular component position in THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2009; 467(1):32-42.

Weil Y, Mattan Y, Kandel L, Eisenberg O, Liebergall M. Navigation-assisted minimally invasive two-incision total hip arthroplasty. *Orthopedics.* 2006; 29(3):200-6.

Wentzensen A, Zheng G, Vock B, Langlotz U, Korber J, Nolte LP, Grützner PA. Image-based hip navigation. *Int Orthop.* 2003; 27(Suppl 1):S43-46.

Widmer KH, Grützner PA. Joint replacement-total hip replacement with CT-based navigation. *Injury.* 2004; 35(Suppl 1):S-A84-9.

Widmer KH. Containment versus impingement: finding a compromise for cup placement in total hip arthroplasty. *Int Orthop.* 2007; 31(Suppl 1):S29-33.

Wixson R, MacDonald MA. Total hip arthroplasty through a minimal posterior approach using imageless computer-assisted hip navigation. *J Arthroplasty.* 2005; 20(7 Suppl 3):51-6.

Woo RYG, Morrey BF. Dislocations after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1982; 64 (9):1295-306.

Ybinger T, Kumpan W, Hoffart HE, Muschalik B, Bullmann W, Zweymüller K. Accuracy of navigation-assisted acetabular component positioning studied by computed tomography measurements. Methods and results. *J Arthroplasty.* 2007; 22(6):812-7.

Ybinger T, Kumpan W. Enhanced acetabular component positioning through computer-assisted navigation. *Int Orthop.* 2007; 31(Suppl 1):S35-8.

Zheng G, Marx A, Langlotz U, Widmer KH, Buttaro M, Nolte LP. A hybrid CT-Free navigation system for total hip arthroplasty. *Comput Aided Surg.* 2002; 7(3):129-45.

Zhu J, Wan Z, Dorr LD. Quantifying pelvic tilt with lateral position for THA. *Clin Orthop Relat Res.* 2010; 468(2):571-5.