

## ARTICULO ORIGINAL

### Planificación pre-operatoria digital en artroplastia total de cadera Digital templating in total hip arthroplasty

Arza, Miguel Benigno<sup>1</sup>; Kikuchi, Akira<sup>1</sup>; Duarte, Alejandro<sup>2</sup>; González, Jorge<sup>1</sup>; Cappello, José Mario<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Asunción, Hospital de Clínicas, Cátedra de Ortopedia y Traumatología. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup>Hospital Regional de Luque. Luque, Paraguay.

#### RESUMEN

**Introducción:** La planificación preoperatoria favorece la realización de un acto quirúrgico sin complicaciones. Actualmente existe escasa información a nivel nacional sobre la eficacia de la planificación pre-operatoria digital por lo que el objetivo del presente estudio es el analizar los resultados de la implementación de esta estrategia en una población de pacientes con indicación de artroplastia total de cadera. **Materiales y métodos:** Estudio observacional, prospectivo, analítico. Se realizó un muestreo no probabilístico de casos consecutivos atendidos en la Cátedra de Ortopedia y Traumatología de la Facultad de Ciencias Médicas (U.N.A). Fueron captados pacientes >18 años con indicación de ATC, entre diciembre 2018 – octubre 2019, previo consentimiento informado. Se relevaron datos cuya caracterización fue posible mediante un instrumento establecido previamente, ingresado en base Excel. Se utilizó el software TraumaCad® versión 2.5 de Brainlab y marcadores radiológicos King Mark®. Fueron comparados ambos tipos de planificación ejecutando análisis estadísticos con el software R.v3.4.2., siendo un valor  $p < 0.05$ , considerado estadísticamente significativa. **Resultados:** 57 pacientes fueron evaluados con el método digital y los resultados fueron comparados con los de 42 pacientes en los que se utilizó una planificación manual. La relación masculino-femenino fue 1/1, siendo los del grupo de 50 a 60 años, los más afectados. La coxartrosis primaria y la necrosis ósea aséptica fueron los diagnósticos más frecuentes. El tiempo quirúrgico, la correlación entre planificación y resultados para componentes acetabular, femoral, presentaron mejores resultados en el grupo de pacientes con planificación digital. **Conclusión:** La planificación digital comparada con la manual presentó mayor eficacia.

**Palabras Clave:** artroplastia de reemplazo de cadera, planificación, evaluación preoperatoria.

*Autor correspondiente:* Dr. Miguel Benigno Arza Fernández. Universidad Nacional de Asunción, Hospital de Clínicas, Cátedra de Ortopedia y Traumatología. San Lorenzo, Paraguay. E-mail: miguelarza@hotmail.com. Dr. Akira Kikuchi Hisaoka. Universidad Nacional de Asunción, Hospital de Clínicas, Cátedra de Ortopedia y Traumatología. San Lorenzo, Paraguay. E-mail: akirakikuchi@hotmail.es

Fecha de recepción el 8 de Enero del 2020; aceptado el 27 de Julio del 2020

## ABSTRACT

**Introduction:** Preoperative planning allows a surgical act without complications. It can be manual or digital. Its usefulness in total hip arthroplasty (ATC) is important, being digital seemingly more beneficial since it reduces surgical time and complications. The present study analyzed the effectiveness of the digital modality. **Materials and methods:** Observational, prospective, analytical study. Non-probabilistic sampling of consecutive cases attended in Department of Orthopedics and Traumatology of the Medicine Scholl (Universidad Nacional de Asunción). Patients > 18 years of age were indicated with ATC indication, between december 2018 to october 2019, with prior informed consent. Data whose characterization was made possible by means of a previously established instrument, entered in Excel basis, were released. Each patient had both types of planning: manual and digital. For TraumaCad® version 2.5 Brainlab software and King Mark® radiological markers were used for the digital. Both types of planning were compared by executing statistical analyzes with the software R.v3.4.2., being a value  $p < 0.05$ , considered statistically significant. **Results:** 57 patients were evaluated with the digital method and 42 with the manual. The male-female ratio was 1/1, with those in the 50-60 age group being the most affected. The most frequent reason for consultation was hip pain, with primary coxarthrosis and aseptic bone necrosis being their cause. The consultation time and surgery was 12.5 days. The surgical time, the correlation between planning and results for acetabular, femoral components, were more effective with digital planning. **Conclusion:** Digital planning compared to the manual is more effective.

**Keywords:** Hip Replacement Arthroplasty, digital templating, Preoperative Procedures.

## INTRODUCCION

La planificación preoperatoria (PP) es una técnica que debe ser realizada de forma rutinaria previamente a una cirugía de remplazo articular total de cadera. Esta estrategia permite identificar factores anatómicos, biomecánicos y de técnica operatoria necesarios durante el acto quirúrgico (1, 2). Estudios previos han postulado que la realización de esta técnica, no solo facilita la correcta selección del tamaño y tipo de los componentes protésicos, sino que también disminuye el riesgo de complicaciones intra-operatorias (i.e. fracturas periprotésicas, necesidad de injertos, osteotomías trocantéricas...etc.) y post operatorias (1, 3-6).

La PP puede ser aplicada tanto manual como digitalmente. La técnica manual se basa en la determinación por el médico de medidas realizadas sobre las placas radiográficas con plantillas de acetato transparente que tienen impresas las especificaciones o modelos de diferentes tipos de prótesis. Su aplicación correcta está asociada a factores inherentes al uso de las placas radiográficas convencionales (i.e. buena técnica radiográfica, correcta

impresión de las imágenes que permita la correcta visualización de las estructuras anatómicas, así como la indicación del aumento o magnificación utilizado para la obtención de la imagen (7). De forma asociada, el uso de las plantillas de acetato no está exento de posibles problemas al realizar la PP. Tradicionalmente, se realizan las determinaciones requeridas, con imágenes de la prótesis con un aumento fijo. La mayoría de estas plantillas tienen una magnificación que varía entre un 15 a un 20%, difícil de determinar de forma precisa al realizar las mediciones pre-quirúrgicas. En este sentido, la presencia de esta variación en la magnificación se asocia a un mayor riesgo de cometer errores al momento de realizar los cálculos pre operatorios (1, 3, 8).

Para intentar solucionar los problemas presentados con la PP manual se han desarrollado diferentes softwares para su aplicación específica en esta área. Actualmente se considera que todos los centros de ortopedia y traumatología en los que se realizan artroplastias de cadera, deberían contar

con un sistema informatizado de imágenes radiográficas digitales (9). En la PP digital, las medidas de magnificación tanto de las plantillas como de las radiografías digitales, pueden ser unificadas lo que permite obtener una concordancia más elevada con un mejor resultado operatorio (1). De forma asociada permite optimizar no solo el tiempo dedicado a la realización de las artroplastias, sino que también mejora la exactitud de las mediciones mediante el cálculo automático del tamaño y posicionamiento de los componentes (10).

Otro punto importante a favor de los sistemas digitalizados, es que poseen una “librería de implantes” que permite escoger el tipo de implante, las dimensiones, y el fabricante (11).

Actualmente existe escasa información sobre la efectividad de la PP digital en nuestro país, por lo que el objetivo principal del presente estudio es el analizar los resultados de la implementación de esta estrategia en una población de pacientes con indicación de artroplastia total de cadera.

## MATERIALES Y METODOS

### Pacientes

En el presente estudio se han incluido prospectivamente a pacientes con indicación de artroplastia total de cadera unilateral durante el periodo comprendido entre diciembre del 2018 a octubre del 2019. Los criterios de inclusión en el estudio han sido (I) edad mayor a 18 años, (II) pacientes con indicación de realización de una artroplastia total de cadera debido a coxartrosis, necrosis ósea aséptica o impacto femoroacetabular (III) pacientes que hayan dado aceptado participar mediante la firma de un consentimiento informado.

Se han excluido a los pacientes (I) con problemas de comprensión que limiten el interrogatorio, (II) pacientes con procesos infecciosos activos (III) pacientes con prótesis articular previa del lado a ser intervenido y (IV) aquellos con indicación de prótesis secundaria a fracturas.

Se han registrado datos epidemiológicos

(i.e. edad, sexo, procedencia), clínicos (i.e. diagnóstico, comorbilidades, riesgo quirúrgico según los criterios ASA(12)), relacionados con la intervención (i.e. tipo de planificación, tipo de intervención realizada, tiempo quirúrgico, complicaciones intra-operatorias y postoperatorias inmediatas) y los resultados post-operatorios inmediatos (i.e. funcionales con el índice Western Ontario and McMaster University (WOMAC) Osteoarthritis Index (13, 14), la escala de cadera de Harris (15) y radiográficos con la inclinación del componente acetabular, offset lateral, tamaño del componente acetabular y femoral).

### Radiografías

Para asegurar la calidad de las radiografías, estas fueron realizadas según criterios de calidad pre-establecidos (16, 17). En este sentido, todas fueron centradas en la sínfisis del pubis, con simetría de los orificios obturadores, con inclusión de al menos 10cm del tercio proximal del fémur, con rotación de los miembros inferiores de 15° y con ambos miembros inferiores fijada mediante la utilización de un dispositivo ortésico (férula de Denis Brown). Se utilizó el dispositivo de planificación de doble marcador KingMark® de Brainlab.

Las radiografías post-operatorias fueron realizadas dentro de las 24 horas posteriores a la intervención quirúrgica. El control radiológico post-quirúrgico se realizó luego del alta de la sala de recuperación del pabellón quirúrgico central.

### Plantilla preoperatoria digital

La planificación pre-operatoria se realizó por un miembro del equipo de investigación de forma protocolizada y establecida para el presente trabajo utilizando el software TraumaCad ® versión 2.5 de Brainlab.

### Intervención quirúrgica

En todos los casos se utilizó el abordaje posterior de cadera con reparación de cápsula articular. La preparación previa del paciente, así como la internación y el procedimiento quirúrgico se realizó siguiendo el protocolo habitual de la

Cátedra de Ortopedia y Traumatología de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional de Asunción (FCM-UNA).

## Estadística

Para el análisis descriptivo de las variables cualitativas se han utilizado las frecuencias con sus porcentajes y para las variables cuantitativas las medias con su correspondiente desviación estándar. Los resultados obtenidos en los pacientes intervenidos en los que se ha realizado una planificación digital fueron comparados con un grupo de pacientes pareados por edad y sexo en los que se había realizado una planificación manual.

Para el análisis de asociación se utilizó para las variables dicotómica el X<sup>2</sup>, el riesgo relativo (RR) con su intervalo de confianza 95% (IC 95%) y para las continuas el T student. Asimismo, se utilizó la prueba exacta de Fisher, ANOVA y regresión logística según corresponda

a cada caso. Se consideró un valor de  $p < 0.05$  como significativo, en tanto que para el análisis estadístico se ha utilizado el software R.v3.4.2.

## Ética

La investigación se ha realizado según las normas de la Declaración de Helsinki y sus revisiones posteriores, respetando los principios éticos de igualdad, justicia, beneficencia, no maleficencia, y estricta confidencialidad de los datos recopilados.

## RESULTADOS

Se han incluido en el estudio un total de 100 pacientes en el cual a 57 se le ha realizado una PP digital y se han comparado con 43 en los que se utilizó planificación pre-quirúrgica manual. En la tabla 1 se presentan las principales características de la población analizada.

Variables	n = 100
Edad, media (DE)	
Sexo femenino, n (%)	51 (51)
<b>Procedencia</b>	
Asunción	17
Central	46
Interior	37
<b>Diagnóstico</b>	
Coxartrosis primaria	33
Coxartrosis secundaria	32
Necrosis ósea aséptica	21
Displasia de cadera	4
Pinzamiento femoroacetabular	0
<b>Riesgo quirúrgico (ASA)</b>	
I	15
II	84
III	1

ASA: American Society of Anesthesiologists

**Tabla 1.** Principales características de la población analizada considerando el tipo de planificación pre-operatoria.

El 80% de los pacientes presentaba alguna patología asociada, siendo la más frecuentemente registrada la hipertensión arterial (tabla 2).

Por orden de frecuencia se realizaron las siguientes intervenciones; artroplastia total de cadera no cementada (65%), artroplastia total de cadera híbrida (24%) y la artroplastia de cadera cementada (11%).

El tiempo medio de cirugía para los pacientes que fueron evaluados con plantillado digital fue de 133,0 (5,04) min, siendo el tiempo mínimo obtenido de 60 min y el máximo de 270 min. En el grupo en el que se utilizó la plantilla analógica el tiempo medio fue de 141,8 (5,9) min con un mínimo de 85 min y un máximo de 270 min. Al aplicar el test estadístico para comparar medias no se objetivó una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,187$ ).

Al analizar los resultados post-operatorios inmediatos con la escala de WOMAC se objetivó una diferencia significativa ( $p=0,0001$ ) entre los valores previos a la intervención ( $68,25\pm 19,2$ ) y los obtenidos en el post-operatorio inmediato ( $21,19\pm 16,9$ ).

Para verificar el cambio en la puntuación HARRIS se realizó la prueba de medias relacionadas del T-student previa verificación de distribución normal de las puntuaciones establecidas para esta escala en cada paciente antes y después de la cirugía. Se pudo establecer la comparación entre solamente 18 de los 100 pacientes de quienes se cuenta con la información completa. El valor medio de la puntuación HARRIS antes de la cirugía fue de 53,42 y después de la cirugía fue de 68,32 ( $p$ -valor= 0,037).

En relación a la inclinación del componente se objetivó que, de los 55 pacientes evaluados con la PP digital, en 9 ocasiones el componente al final de la cirugía coincidió con lo planificado. En 41 de ellos el componente presenta una medición menor a lo pronosticado y en 5 ocasiones un valor mayor. Para el caso de los pacientes evaluados con la PP manual, se observó que solo en 3 ocasiones, por este

método se obtuvo exactitud entre lo predicho y lo obtenido.

En cuanto al offset post-quirúrgico en el grupo de PP digital se analizó la diferencia entre lo predicho y el resultado a través de la prueba no paramétrica de rangos con signos de Wilcoxon donde el  $p$ -valor asociado a la prueba fue superior al valor estándar de 5% y por lo tanto que no existe diferencia entre lo planificado y lo obtenido finalmente después de la cirugía. La prueba indica que en cuanto al aspecto offset lateral no existe evidencia estadística para suponer diferencias entre lo planificado y lo obtenido para los pacientes evaluados con plantillado digital.

Por otro lado, en relación al offset lateral de la PP manual, la prueba no paramétrica de rangos con signos de Wilcoxon indicó un  $p$ -valor asociado a la prueba inferior al valor estándar de 5% y por lo tanto existe diferencia entre lo planificado y lo obtenido después de la cirugía. Para el offset existe evidencia estadística para suponer diferencias entre lo planificado y lo obtenido para los pacientes evaluados con plantillado analógico.

Para verificar si existen diferencias significativas entre lo planificado y lo obtenido luego de la cirugía, según el tipo de plantillado para el tamaño de la componente acetabular se utilizó la prueba Chi Cuadrado de igualdad de proporciones. En esta muestra, del 100% de los casos en que el tamaño de la componente acetabular coincidió con lo planificado, aproximadamente el 60% de ellos fueron de pacientes evaluados con PP digital y el 40% con el PP manual.

Sin embargo, la prueba Chi Cuadrado al nivel de 5% de significancia no constató diferencias ( $p$ -valor=0,808) entre ambos tipos de plantillado.

Para verificar si existen diferencias significativas entre lo planificado y lo obtenido luego de la cirugía, según el tipo de plantillado para el tamaño del componente femoral se utilizó la prueba Chi Cuadrado de igualdad de proporciones.

Se resalta el hecho de que, en esta muestra, del 100% de los casos en que el tamaño de la componente femoral coincidió con lo planificado, el 66% de ellos fueron pacientes evaluados con PP digital y el 34% con el manual. Para la componente femoral, la prueba Chi Cuadrado al nivel de 5% de significancia objetivo diferencias ( $p$ -valor=0,004) entre ambos tipos de plantillado.

En esta muestra, del 100% de los casos en que la longitud del cuello femoral coincidió con lo planificado, el 58% de ellos fueron pacientes evaluados con PP digital y el 42% con el manual.

En el 100% de los casos en que la longitud del cuello femoral no coincidió con lo planificado, los pacientes fueron evaluados con PP manual.

Enfermedad Base	n
Hipertensión arterial	59
Obesidad	18
Diabetes	14
Artritis reumatoidea	10
Alergias	5
Otros	5
Cojera en la infancia	2
Cardiopatía	1
Osteoporosis	1

Otros \* patología psiquiátrica, dislipidemia, asma, hipertiroidismo, epoc

**Tabla 2.** Distribución de la población considerando las comorbilidades.

Factores de Riesgo	Frecuencia
Obesidad	30
Consumo crónico de corticoides	24
Alcohol	5
Tabaquismo	11

**Tabla 3.** Factores de riesgo en la población analizada.

Motivo de primera consulta	Frecuencia
Dolor de cadera	82
Dolor de rodilla	3
Dolor lumbar	3
Dolor e impotencia funcional de cadera	11

Obs. El cálculo se ha realizado sobre 99 datos

**Tabla 4.** Distribución de la población considerando el motivo de consulta.

Diagnóstico	Frecuencia	%
Coxartrosis primaria	33	37%
Coxartrosis secundaria	32	36%
Necrosis ósea aseptica	21	23%
Displasia de cadera	4	4%
Pinzamiento femoroacetabular	0	0%

*El porcentaje presentado corresponde a 90 casos en los que se contaba con la información requerida*

**Tabla 5.** Frecuencia de diagnósticos de patología de cadera en la población analizada.

## DISCUSION

En el presente estudio se han analizado los resultados de la implementación del uso de un software de planificación pre-operatoria en pacientes con indicación de una artroplastia total de cadera (ATC).

Se ha incluido en el estudio a 100 pacientes con indicación de ATC que han consultado en la Cátedra de Ortopedia y Traumatología del Hospital de Clínicas de la FCM-UNA.

En relación a las características basales de la población se ha objetivado que un 51% de la población correspondía al sexo femenino. Este dato está en concordancia con el estudio de Allepuz et al (18) en el que se objetivo similar relación entre el sexo femenino y masculino. En el mismo estudio español, se constató que la mayoría de los pacientes intervenidos de una artroplastia estaban en el rango de edad entre los 60 y 70 años, dato que difiere del observado en nuestro estudio, en el que este rango etario fue el segundo en frecuencia después del rango del 50 a 60 años. Esto podría estar determinado tanto por la diferencia en la metodología (estudio multicéntrico vs unicéntrico), el número de pacientes incluidos en cada uno, así como por las diferencias en las edades de ambas poblaciones.

En relación a la procedencia de los pacientes, se constató que el 63% procedía de Asunción y del Departamento central. Estos valores podrían estar relacionados principalmente

por la ubicación geográfica del Hospital de Clínicas que facilita la llegada de pacientes del departamento central.

Al analizar la patología que ocasiona la indicación de ATC se observó que la coxartrosis primaria fue la principal causa seguida por la necrosis ósea aséptica de la cadera. Estos datos se asemejan con un estudio realizado en población española en el que se analizó un total de 19015 artroplastias de cadera. En este estudio se objetivó que la principal causa de remplazo articular fue la coxartrosis, seguida por la necrosis ósea avascular y la displasia congénita de la cadera (18).

Se observó que el 80% de la población analizada presentaba una o más patologías de base asociadas, siendo las más frecuentes la hipertensión arterial, la diabetes mellitus y la obesidad. Estos datos están en relación con lo esperado para la población paraguaya, según el Censo Nacional de Factores de Riesgo ([www.paho.org/par](http://www.paho.org/par)).

En relación al tiempo trascurrido entre la primera consulta y la fecha de la intervención, se observó un periodo de solo 12,5 días en promedio, siendo un tiempo bastante corto de espera.

Para valorar los resultados de la aplicación del software TraumaCad®, se comparó los resultados de los 57 pacientes en los que se

realizó la planificación digital con un grupo de 42 pacientes en los cuales se realizó la planificación pre-operatoria con formato manual. Al comparar las características basales de la población, no se observó diferencia significativa en la edad, y el sexo entre los grupos. En relación a la procedencia, en ambos grupos se observó una menor cantidad de casos del interior, probablemente en relación a lo explicado previamente sobre la localización geográfica del Hospital de Clínicas.

Al analizar las características quirúrgicas de la población, se objetivó que, si bien el tiempo quirúrgico fue menor en el grupo con planificación digital, esta diferencia no llegó a ser estadísticamente significativa. Probablemente esto se deba a múltiples factores entre los que destacarían los tipos de fijación en las diferentes prótesis, por lo que futuros estudios utilizando prótesis con un mismo sistema de fijación deberán corroborar estos resultados.

En relación al componente acetabular, se puede concluir que la planificación digital presentó una mayor exactitud entre lo planificado y lo obtenido luego de la cirugía para el componente acetabular. En nuestro estudio se pudo observar que los pacientes evaluados con planificación digital tuvieron una mayor proporción de exactitud entre lo planificado y lo obtenido luego de la cirugía en comparación a los pacientes evaluados con planificación analógica donde se objetivó una diferencia entre lo pre-quirúrgico y lo pos-quirúrgico.

Por otro lado, al analizar el tamaño del componente acetabular, no se observó una diferencia significativa, si bien el mayor número de pacientes con valores adecuados pertenecía al grupo de planificación digital.

En relación al tamaño del componente femoral, se pudo observar que en nuestra población de pacientes con PP digital se obtuvo mayores coincidencias entre lo planificado y lo obtenido, con una significación estadística. Estos datos están en concordancia con estudios publicados previamente donde se ha constatado que la

planificación preoperatoria digital es más precisa que la planificación manual. Los porcentajes objetivados de precisión son variables según los diferentes estudios, pero se ha observado una precisión mayor al 80% en el componente femoral y del 70% en el componente acetabular con la PP digital (5, 7, 19-25)

Al ser actualmente el primer estudio de estas características a nivel nacional, servirá de base para futuros análisis y trabajos sobre el tema. Cabe mencionar que, con este estudio, se abre una nueva línea de investigación, de la cual derivaran futuros estudios y creación de bases de datos tan necesarios en nuestra población.

### Conflictos de interes

Los autores declaran no contar con conflicto de interés y haber recibido financiación para la realización del presente trabajo por CONACYT en su convocatoria PROCIENCIA 2015 (PINV15-1122).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Gallart X, Daccach JJ, Fernández-Valencia JÁ, García S, Bori G, Rios J, et al. Study of the consistency of a system for preoperative planning digital in total arthroplasty of the hip. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2012;56(6):471-7.
2. Bono JV. Digital templating in total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A Suppl 2:118-22.
3. Franken M, Grimm B, Heyligers I. A comparison of four systems for calibration when templating for total hip replacement with digital radiography. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(1):136-41.
4. Rubash HE, Parvataneni HK. The pants too short, the leg too long: leg length inequality after THA. *Orthopedics.* 2007;30(9):764-5.
5. Jassim SS, Ingham C, Keeling M, Wimhurst JA. Digital templating facilitates accurate leg length correction in total hip arthroplasty. *Acta Orthop Belg.* 2012;78(3):344-9.
6. Schmidutz F, Steinbrück A, Wanke-Jellinek L, Pietschmann M, Jansson V, Fottner A. The accuracy of digital templating: a comparison of short-stem



- total hip arthroplasty and conventional total hip arthroplasty. *Int Orthop*. 2012;36(9):1767-72.
7. Pullen WM, Whiddon DR. Accuracy and reliability of digital templating in primary total hip arthroplasty. *J Surg Orthop Adv*. 2013;22(2):148-51.
  8. White SP, Bainbridge J, Smith EJ. Assessment of magnification of digital pelvic radiographs in total hip arthroplasty using templating software. *Ann R Coll Surg Engl*. 2008;90(7):592-6.
  9. Crooijmans HJA, Laumen AMRP, van Pul C, van Mourik JBA. A new digital preoperative planning method for total hip arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(4):909-16.
  10. Heinert G, Hendricks J, Loeffler MD. Digital templating in hip replacement with and without radiological markers. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(4):459-62.
  11. Blackley HR, Howell GE, Rorabeck CH. Planning and management of the difficult primary hip replacement: preoperative planning and technical considerations. *Instr Course Lect*. 2000;49:3-11.
  12. Kurtz SM, Ong KL, Lau E, Bozic KJ. Impact of the economic downturn on total joint replacement demand in the United States: updated projections to 2021. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96(8):624-30.
  13. Allepuz A, Serra-Sutton V, Espallargues M, Sarria A. Hip and knee replacement in the Spanish National Health System *Rev esp cir ortop traumatol*. 2009;53(5):290-9.
  14. Bourne RB, Rorabeck CH. Soft tissue balancing: the hip. *J Arthroplasty*. 2002;17(4 Suppl 1):17-22.
  15. Lecerf G, Fessy MH, Philippot R, Massin P, Giraud F, Flecher X, et al. Femoral offset: anatomical concept, definition, assessment, implications for preoperative templating and hip arthroplasty. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2009;95(3):210-9.
  16. Cano P. Planificación preoperatoria digital en artroplastia total de cadera
  17. evaluación clínica de la calibración mediante doble marcador. [riuma.uma.es](http://riuma.uma.es): Universidad de Málaga; 2017.
  18. Schmalzried TP. Preoperative templating and biomechanics in total hip arthroplasty. *Orthopedics*. 2005;28(8 Suppl):s849-s51.
  19. McGrory BJ, Morrey BF, Cahalan TD, An KN, Cabanela ME. Effect of femoral offset on range of motion and abductor muscle strength after total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br*. 1995;77(6):865-9.
  20. Clement ND, S Patrick-Patel R, MacDonald D, Breusch SJ. Total hip replacement: increasing femoral offset improves functional outcome. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2016;136(9):1317-23.
  21. Mahoney CR, Pellicci PM. Complications in primary total hip arthroplasty: avoidance and management of dislocations. *Instr Course Lect*. 2003;52:247-55.
  22. González Della Valle A, Comba F, Taveras N, Salvati EA. The utility and precision of analogue and digital preoperative planning for total hip arthroplasty. *Int Orthop*. 2008;32(3):289-94.
  23. Tripuraneni KR, Archibeck MJ, Junick DW, Carothers JT, White RE. Common errors in the execution of preoperative templating for primary total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2010;25(8):1235-9.
  24. Whiddon DR, Bono JV, Lang JE, Smith EL, Salyapongse AK. Accuracy of digital templating in total hip arthroplasty. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2011;40(8):395-8.
  25. Jamali AA. Digital templating and preoperative deformity analysis with standard imaging software. *Clin Orthop Relat Res*. 2009;467(10):2695-704.
  26. Kumar PGA, Kirmani SJ, Humberg H, Kavarthapu V, Li P. Reproducibility and accuracy of templating uncemented THA with digital radiographic and digital TraumaCad templating software. *Orthopedics*. 2009;32(11):815-.
  27. Unnanuntana A, Wagner D, Goodman SB. The accuracy of preoperative templating in cementless total hip arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2009;24(2):180-6.
  28. Levine B, Fabi D, Deirmengian C. Digital templating in primary total hip and knee arthroplasty. *Orthopedics*. 2010;33(11):797-.
  29. Khan F, Ahmad T, Condon F, Lenehan B. Review of quality of x-rays for templating for total hip arthroplasty. *Acta Orthop Belg*. 2015;81(1):72-6.
  30. Clohisy JC, Carlisle JC, Beaulé PE, Kim Y-J, Trousdale RT, Sierra RJ, et al. A systematic approach to the plain radiographic evaluation of the young adult hip. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90 Suppl 4(Suppl 4):47-66.
  31. De Cassai A, Boscolo A, Tonetti T, Ban I, Ori C. Assignment of ASA-physical status relates to anesthesiologists' experience: a survey-based national-study. *Korean J Anesthesiol*. 2019;72(1):53-9.
  32. Roemer FW, Hunter DJ, Winterstein A, Li L, Kim YJ, Cibere J, et al. Hip Osteoarthritis MRI Scoring

- System (HOAMS): reliability and associations with radiographic and clinical findings. *Osteoarthritis Cartilage*. 2011;19(8):946-62.
33. Efe T, El Zayat BF, Heyse TJ, Timmesfeld N, Fuchs-Winkelmann S, Schmitt J. Precision of preoperative digital templating in total hip arthroplasty. *Acta Orthop Belg*. 2011;77(5):616-21.
34. The B, Diercks RL, van Ooijen PMA, van Horn JR. Comparison of analog and digital preoperative planning in total hip and knee arthroplasties. A prospective study of 173 hips and 65 total knees. *Acta Orthop*. 2005;76(1):78-84.