



**DIVISION CIENCIAS DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE SALUD PUBLICA
PROYECTO DE GRADO II**

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO MÉDICO

LA IMPRESIÓN 3D COMO COADYUDANTE EN CIRUGÍAS DE CADERA

PRESENTADO POR:

Camilo José Rodríguez Urrego

Camila María García Jarava

María José Martínez Ortiz

Daniella Andrea Pombo Pérez

José Ramón González Bolaño

ASESOR METODOLÓGICO: Dr. Rusvelt Franklin Vargas Moranth

ASESOR CIENTÍFICO: Dr. Camilo Pernet

Barranquilla, Colombia

19/06/2020

UNIVERSIDAD DEL NORTE
DIVISIÓN CIENCIAS DE LA SALUD
PROYECTO DE GRADO II

Barranquilla, fecha.

Asesor Científico:

Firma: _____

Asesor Metodológico:

Firma: _____

Jurado:

Firma: _____

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
CONTENIDO TEMÁTICO	10
CAPÍTULO I: LA FRACTURA DE CADERA	10
1.1. Definición	10
1.2. Etiología y factores de riesgo	10
1.3. Prevención	12
1.4. Clasificación de las fracturas de cadera	12
CAPÍTULO II: TRATAMIENTO DE LAS FRACTURAS DE CADERA	16
2.1. Tratamiento Inmediato	16
2.2. Tratamiento no quirúrgico	16
2.3. Tratamiento Quirúrgico	17
2.4. Tratamiento postoperatorio	18
CAPITULO III: INTRODUCCIÓN A LA IMPRESIÓN 3D EN LAS CIENCIAS DE LA SALUD	19
CAPITULO IV: LA IMPRESIÓN 3D EN CIRUGÍAS DE CADERA	23
RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Tipos De Traumatismo	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 2. Estadios de Garden	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 3. Grados de Pauwels	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 4. Clasificación AO/OTA.....	14
TABLA 5. Revisión de Beneficios y Desventajas o puntos en contra del uso de la Impresión 3D en las cirugías de cadera.	24

RESUMEN

El desenlace de las cirugías en ortopedia y traumatología depende de la experiencia del cirujano, así como de las herramientas disponibles que permitan una mejor comprensión anatómica del área a intervenir. Muchos estudios radiológicos diagnósticos presentan limitantes para realizar planificaciones pre-quirúrgicas. Siendo las fracturas de cadera una de las principales causas de morbilidad en personas adultas mayores y un reto en salud pública.

La fractura de cadera es la pérdida de la continuidad del hueso de la articulación coxofemoral, estas son generalmente causadas por traumatismos. Para el tratamiento de estas fracturas existe el tratamiento no quirúrgico o sintomático y un tratamiento quirúrgico o definitivo.

La impresora 3D tiene la propiedad de convertir archivos en formato DICOM, es decir, aquellos utilizados para las imágenes diagnósticas, a un formato que esta pueda interpretar o formato SLT. A través de esto la impresora 3D puede recrear el modelo 3D que finalmente es utilizado por los médicos tratantes, permitiéndoles hacer una planificación del procedimiento, mejorando así la calidad de la cirugía.

De esta forma la impresión 3D puede ser un aliado importante para la planificación personalizada de las cirugías de cadera, aminorando los riesgos que son inherentes de estos procedimientos y tiene su posible uso para el desarrollo de implantes personalizados a futuro.

Palabras claves: Impresión 3D, Fractura de Cadera, Cirugía.

INTRODUCCIÓN

Las fracturas de cadera hacen parte de una de las principales causas de morbilidad y mortalidad en personas adultas mayores y representan un reto de salud pública en el mundo por su frecuencia y el alto costo económico y social que implican. En el año 1990 se informaron 1,3 millones de casos a nivel mundial, para el año 2050 se estima que la ocurrencia de este evento entre 7 y 21 millones de casos; en Colombia, se calcula que anualmente se presentan entre 8000 y 10000 fracturas de cadera solamente entre las mujeres; siendo la osteoporosis el principal factor de riesgo detectado en el grupo de mujeres mayores de 60 años (1).

Se sabe que los adultos mayores representan el 10,5 del total de la población colombiana, el 53% de ellos presentan discapacidad permanente y alteraciones permanentes de cadera y pies en 25,3% de ellos y 52,4% de los adultos mayores de la ciudad de Bogotá, de acuerdo con el índice de fragilidad, se clasifican como pre frágiles y 28,5% de ellos presenta al menos una caída al año (1).

La fractura de cadera es una patología que se presenta predominantemente en población mayor. Según la International Osteoporosis Foundation: “Se calcula que entre las mujeres que viven en Colombia, se registran unas 8.000 a 10.000 fracturas de cadera por año y que aproximadamente el 90% de estas fracturas de cadera son tratadas quirúrgicamente. Las proyecciones sugieren que la cantidad de fracturas de cadera en mujeres aumentará a 11.500 por año en 2020” (2).

El buen desenlace de las cirugías en los servicios de Ortopedia y Traumatología depende tanto de experiencia del cirujano como de las herramientas disponibles que le permitan brindar al especialista tener una mejor comprensión anatómica del paciente evitando complicaciones peri operatorias y postoperatorias (3).

Las adversidades en cirugías ortopédicas se deben a diversos motivos, entre estos está la falta de comprensión anatómica del área que será intervenida (3),

y dentro de las causas de lo anterior es que los métodos de estudios radiológicos diagnósticos utilizados actualmente (Rayos X, Tomografía axial computarizada, Resonancias) tienen limitantes en planificaciones pre quirúrgicas en cirugías ortopédicas debido a que sólo proyectan imágenes en 2 dimensiones en la cual hay casos en los que no son suficientes para evaluar y clasificar las condiciones anatomopatológicas que van a ser intervenidas conllevando a que la técnica, el criterio y el método empleados en el procedimiento sean decididos intraoperatoriamente (4).

Otra causa que conlleva a este procedimiento quirúrgico son los traumas ocasionados por accidentes laborales, accidentes automovilísticos siendo estos impredecibles (incluso este se ubica en la novena posición de la OMS como principal causa de muerte en el mundo (4).

Para corregir estos procedimientos se utilizan placas de osteosíntesis, implantes y entre otros materiales para corregir la región anatómica, debido a que cada individuo que va a ser intervenido tiene características singulares de los trazos de fractura, estado de las partes blandas, lesiones asociadas y circunstancias individuales de cada paciente, se debe planificar cada caso en particular y con ello adquirir el hábito de simular previamente cada cirugía (4).

Actualmente, el personal médico dispone de múltiples herramientas diagnósticas que le permiten contextualizarse del procedimiento que estos quieren realizar, en el campo de la salud, es muy frecuente las radiografías también conocidas como RX, tomografías, resonancias magnéticas y otros estudios complementarios. Gracias a estos el cirujano posee información útil para llevar a cabo su procedimiento quirúrgico, pero a pesar de esto solo brindan imágenes en 2 dimensiones por lo que no se aprecia en su totalidad la anatomía en el sitio explorado en 360 grados (5).

Cuando el sitio no es explorado en su totalidad, se convierte en una limitante que no permite que los materiales que se usarán en el procedimiento quirúrgico pueden ser probados y medidos, para poder llevar a cabo una exitosa intervención y poder corregir la anatomía patología que será intervenida en la fijación sea de prótesis, placas de osteosíntesis, tornillos y etc. (5).

Una de las razones por la cual demostrar la efectividad y concientizar a todos los cirujanos de ortopedia y trauma, oncólogos, neurocirujanos y en general todos los involucrados en la rama quirúrgica proponerles una alternativa, una herramienta que al extraer la información de estudios radiológicos permite prototipar con exactitud réplicas de la anatomía del paciente que va al quirófano y comprobar el uso de la impresión 3D como método de diagnóstico y herramienta de planeación quirúrgica específica de cada paciente, para así evitar casos de iatrogenia, necesidad de reintervenciones quirúrgicas, caderas ligeramente disparejas, inconformidad de los pacientes con su intervención quirúrgica y sobre todo mejorar la relación médico paciente. Todo esto observado en el seguimiento de los pacientes a largo plazo (6).

Lamentablemente todo esto muchas veces ocurre por errores intraoperatorios o mala planeación de la cirugía por escasez de recursos, y es por tal motivo que este innovador recurso cobra tanta importancia ya que logra darle otro nivel a la planeación quirúrgica principalmente en cirugías de cadera sean por traumas, fracturas, neoplasias o colocación de implantes (6).

Ahora bien, se debe analizar la eficacia del uso de la impresión 3D para crear réplicas exactas del área anatomopatológica, comprender estas medidas y tipos de fractura del paciente para moldear placas o medir los implantes antes de intervenir el paciente, con el fin de disminuir riesgos en una cirugía y la optimización del pronóstico postoperatorio del paciente (7).

En diversos estudios, se concluyó bajo mejoras en el desenlace quirúrgico de los pacientes que la herramienta de impresión 3D mejoró el entendimiento de la anatomía, patrones de fracturas y fue de gran ayuda en el planeamiento preoperatorio del paciente. Por otro lado, en ese mismo estudio se midió el nivel de satisfacción al haber utilizado la impresión 3D por parte de los cirujanos y residentes mediante una encuesta, en la que, de 17 cirujanos, un residente de primer año documentó que había sido útil, dos documentaron ser muy útil y los otros 14 documentaron ser extremadamente útil (7).

En este estudio no midieron el mejoramiento de las variables intraoperatorias del paciente, ya que su enfoque fue en determinar qué tan comfortable y que tanta ayuda sentían los cirujanos que tenían al utilizar este recurso (7).

Adicionalmente, existe poca evidencia científica que demuestre la efectividad de la impresión 3D, en cuanto a cantidad se refiere, puesto que hasta el momento solamente se han encontrado en este tipo de cirugía de cadera como estudios (3,4), que son muy recientes y referencian el uso de esta herramienta. Estos estudios evidencian las ventajas de la ayuda que proporciona la impresión 3D, y dado que en nuestro medio no ha sido llevada a cabo se abre la posibilidad de la (3,4)

Comprendiendo todo lo anterior, el presente escrito busca describir la utilidad de la impresión 3D en la práctica clínica y documentar los beneficios del uso de esta herramienta tecnológica como gran aliado en la planeación personalizada de cirugías en distintas especialidades médico-quirúrgicas para que esta pueda ser utilizada con más frecuencia en los centros que ameritan este tipo de intervención y para que esta se haga rutina en el diagnóstico y planificación preoperatoria tal como lo son los estudios radiológicos.

Para contextualizarlos inicialmente se abordará la Fractura de Cadera, se hablará de la anatomía de la cadera, los tipos de fractura de cadera, su manejo y tratamiento. Finalmente se va a expresar la importancia de la impresión 3D con respecto a esta patología.

CONTENIDO TEMÁTICO

CAPÍTULO I: LA FRACTURA DE CADERA

1.1. Definición

Se define a toda fractura como la pérdida de la continuidad del hueso. En caso de la articulación de la cadera, se habla de ruptura de algún hueso que forma la articulación coxofemoral (8).

La articulación de la cadera está compuesta por la articulación de la cabeza del fémur con el acetábulo del hueso coxal (ilion isquion y pubis) la unión de los dos coxales da lugar a la pelvis ósea (8). El fémur proximal consta de la cabeza femoral, cuello femoral, trocánter mayor y menor. Por tanto, mediante la articulación coxofemoral queda unida la pierna al tronco (9).

La articulación coxo-femoral es una articulación sinovial de tipo esférica, es el tipo de articulación más móvil que posee nuestro cuerpo y permite la mayor amplitud de movimiento, entre los que constan: la flexión, la extensión, la aducción, la abducción, la rotación interna, la rotación externa y la circunducción (9).

Al ser una articulación con tan amplia variedad de movimiento ubicada además en miembro inferior, es una articulación de vital importancia para el desarrollo de la vida diaria, razón por la cual la no resolución de una fractura de cadera suele llevar a una incapacidad y morbilidad considerable en el paciente (11).

1.2. Etiología y factores de riesgo

Dentro de las principales causas se encuentran en un 30% los traumas de baja intensidad y en el 69% restante son fracturas espontáneas, ya sea por caídas influenciadas además por factores de riesgo variables como lo es la osteoporosis (12).

En el caso específico de los adultos mayores, se encontrará que a medida que aumenta la edad así aumentará el riesgo de presentar fracturas de cadera,

pues este grupo etario tiende a cursar con huesos debilitados paulatinamente gracias a sus años de uso. También presentan este tipo de fracturas por el abuso de medicamentos ya que suelen cursar con diversas condiciones o patologías que requieren medicación y pueden incurrir fácilmente en la ingesta excesiva de estas, la pérdida de la visión y posteriormente la dificultad para mantener el equilibrio hacen que tiendan a tropezar y caer con facilidad lo cual les ocasiona estas fracturas espontáneas (13).

Las lesiones, en términos generales, pueden producirse por mecanismos de baja energía, o de alta energía (14).

TABLA 1. Tipos De Traumatismo

Tipos de Traumatismo	Subtipos	Definición
Traumatismo de Baja Energía	Traumatismo Directo	Caída sobre trocánter mayor o ante una rotación externa forzada aplicada al miembro inferior
	Traumatismo Indirecto	Tracción muscular que sobrepasa la resistencia del cuello del fémur
Traumatismos de Alta Energía		Producen fracturas en jóvenes y ancianos, generalmente asociados a accidentes de tráfico o por caídas desde una altura importante
Traumatismos por sobrecarga		Generalmente observados en deportistas
Traumatismos por insuficiencia		En pacientes con osteoporosis u osteopenia

Fuente: Kenneth A. Egol, Kenneth J. Koval, Joseph D. Zuckerman. Manual de fracturas. 5ta edición, página 372. UK: Lippincot Williams and Wilkins; 2015.

Entonces dentro de los factores de riesgo asociados a la fractura de cadera se encontrará la visión deteriorada, marcha lenta, medicación hipnótica, sedantes

y diuréticos, problemas neurológicos, deformidades, debilidad y artritis en miembros inferiores, alfombras sueltas o suelo deslizante, disminución de la densidad mineral ósea y la tasa elevada de recambio óseo (15).

1.3. Prevención

Para prevenir la presentación de estas fracturas, se deberá tomar en cuenta los factores de riesgo que mencionamos previamente. Un estilo de vida saludable, una revisión periódica de la vista acoplado a disminuir el consumo de sustancias psicoactivas legales suelen ser medidas que prevengan los traumatismos. Para las mujeres postmenopáusicas debe recomendarse la terapia hormonal sustitutiva, el consumo de calcio y vitamina D para prevenir la osteoporosis. El uso de bifosfonatos en el caso de una densidad ósea baja. Finalmente existen otros métodos protectores bajo la ropa que disminuyen la aparición de fracturas en pacientes debilitados o con dificultad para deambular (15).

1.4. Clasificación de las fracturas de cadera

Existen diversas clasificaciones para las fracturas de cadera (8,16,17), sin embargo, la clasificación más aceptada es aquella en la que las fracturas de cadera se clasifican según la localización anatómica. La clasificación va de la siguiente manera:

Inicialmente se encasillan a las fracturas en Intracapsulares y Extracapsulares (8,16,17):

Las Fracturas Intracapsulares son aquellas que hacen referencia a la fractura de los elementos dentro de la cápsula articular, generalmente el cuello del fémur, por lo que toda fractura de cuello de fémur entra en esta categoría. Las fracturas del cuello femoral son las más frecuentes en personas mayores, la localización de las fracturas es respectivamente entre la cabeza del fémur y el cuello femoral. (8,16,17).

Las fracturas del cuello femoral se pueden clasificar más extensamente de acuerdo a los tipos de Garden (Véase tabla 2). En los tipos de Garden se debe tener en cuenta si la fractura es completa o incompleta y el “desplazamiento”,

estando las fracturas sin desplazamiento (es decir, que no hay gran separación en el sitio de la fractura) y con desplazamiento (que existe una gran separación en el sitio de la fractura) parcial o total (8,16-18).

TABLA 2. Estadios de Garden

Estadios de Garden	Características de la Fractura
Garden 1	Incompleta o Impactada en valgo
Garden 2	Completa sin desplazamiento
Garden 3	Completa con desplazamiento parcial
Garden 4	Completa con desplazamiento total

Fuente: Modificado de Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG, eds. Muller AO Classification. In: AO Principles of Fracture Management. 2nd ed. New York: AO Publishing; 2007: 751, 755-777.

También se pueden clasificar de acuerdo a los grados de Pauwels que van de acuerdo al ángulo de inclinación del cuello de fémur (8,17,18). Véase tabla 3.

TABLA 3. Grados de Pauwels

Grado de Pauwels	Grado de inclinación del cuello del Fémur
Pauwels 1	<30°
Pauwels 2	30° - 50°
Pauwels 3	>50°

Fuente: Modificado de Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG, eds. Muller AO Classification. In: AO Principles of Fracture Management. 2nd ed. New York: AO Publishing; 2007: 751, 755-777.

Las fracturas de cuello de fémur suelen ser solo clasificadas como desplazadas o no desplazadas, debido a que es difícil examinarlas correctamente, pero el desplazamiento es fácilmente observable, por lo que se suele clasificar de esta forma (9).

Las Fracturas Extracapsulares por su parte son aquellas que no están ubicadas en la cápsula articular, comprenden entonces el fémur proximal que no está dentro de la cápsula articular y se divide en 2 grandes grupos (8,16,17):

- Fracturas Intertrocantéricas
- Fracturas Subtrocantéricas

Las fracturas intertrocantericas son aquellas cuya localización está ubicada entre el trocánter mayor y el trocánter menor del fémur, es decir aquellas que están por debajo del cuello femoral. Por su parte las fracturas subtrocantéricas son aquellas en cuya localización está entre la unión del fémur proximal, el tercio medio y el trocánter menor, o para términos prácticos toda fractura que se ubica por debajo del trocánter menor (8,14-16).

Por último, pero no menos importante se deberá hablar de las fracturas acetabulares, fracturas del hueso coxal, estas fracturas pueden afectar órganos internos de la pelvis suponiendo un gran riesgo. (11,16).

Otra clasificación es la Clasificación AO/OTA, esta clasificación diferencia también las fracturas extraarticulares como fracturas en el área trocantérica, fracturas intrarticulares en el área del cuello del fémur y fracturas del cuello femoral (8).

En esta clasificación se clasifican estos grupos como A, B y C. A para la región intertrocanterica, B para el cuello del fémur y C para la cabeza del fémur. Estas a su vez se subdividen en 3 tipos cada una. Para el tipo A, tenemos A1 que es fractura pertrocantérica simple, A2 que es fractura pertrocantérica multifragmentaria, A3 que es fractura intertrocanterica. Para el tipo B tenemos B1 que es subcapital o con leve desplazamiento, B2 que es transcervical y B3 que es subcapital, pero desplazada Finalmente las del grupo C tenemos C1 que es dividida, Pipkin, C2 que es con depresión y C3 que es cuando se presenta con fractura de cuello (17).

TABLA 4. CLASIFICACIÓN AO/OTA

	REGIÓN	SUBDIVISIÓN			
GRUPO A	Región intertrocanterica	<table border="1"> <tr> <td>A1: Fractura pertrocantérica simple</td> </tr> <tr> <td>A2: Fractura pertrocantérica multifragmentaria</td> </tr> <tr> <td>A3: Fractura intertrocanterica</td> </tr> </table>	A1: Fractura pertrocantérica simple	A2: Fractura pertrocantérica multifragmentaria	A3: Fractura intertrocanterica
A1: Fractura pertrocantérica simple					
A2: Fractura pertrocantérica multifragmentaria					
A3: Fractura intertrocanterica					
GRUPO B	Cuello del fémur				

		<table border="1"> <tr> <td>B1: Subcapital con leve desplazamiento</td> </tr> <tr> <td>B2: Transcervical</td> </tr> <tr> <td>B3: Subcapital con desplazamiento total</td> </tr> </table>	B1: Subcapital con leve desplazamiento	B2: Transcervical	B3: Subcapital con desplazamiento total
B1: Subcapital con leve desplazamiento					
B2: Transcervical					
B3: Subcapital con desplazamiento total					
GRUPO C	Cabeza del fémur	<table border="1"> <tr> <td>C1: pipkin o dividida</td> </tr> <tr> <td>C2: Con depresión</td> </tr> <tr> <td>C3: Con fractura de cuello</td> </tr> </table>	C1: pipkin o dividida	C2: Con depresión	C3: Con fractura de cuello
C1: pipkin o dividida					
C2: Con depresión					
C3: Con fractura de cuello					

Fuente: Modificado de Hollensteiner M, Sandriesser S, Bliven E, Rüden C Von, Augat P. Biomechanics of Osteoporotic Fracture Fixation. 2019;363–74 y Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG, eds. Muller AO Classification. In: AO Principles of Fracture Management. 2nd ed. New York: AO Publishing; 2007: 751, 755-777.

CAPÍTULO II: TRATAMIENTO DE LAS FRACTURAS DE CADERA

2.1. Tratamiento Inmediato

En el primer momento de la valoración al paciente hay que tener en cuenta los siguientes puntos (15):

1. Riesgo de úlceras por presión: si es elevado, intentar evitar que aparezcan las úlceras con ayudas como, por ejemplo, el uso un colchón de presión alternativa, agua, o arena. Y usar superficies blandas para proteger el sacro y los talones.
2. Hidratación y equilibrio electrolítico: asegurar vía IV y reponer líquidos y electrolitos.
3. Dolor: debe estar controlado mediante analgésicos para el adecuado abordaje del paciente.
4. Temperatura corporal central: mantener caliente al paciente.
5. Continencia: si el paciente es incontinente, puede ser necesario un sondaje.
6. Estado mental, la movilidad previa y la función global, evaluar las circunstancias sociales del paciente
7. Tratamiento médico: ver si es un paciente que está anti coagulado, o si está consumiendo algún tipo de medicamento que interfiera con el próximo abordaje.
8. Radiologías: idealmente no esperar sino 1 h desde su llegada para realizarla.

2.2. Tratamiento no quirúrgico

El no quirúrgico está basado en varios aspectos, entre esos el alivio del dolor, que debe ser la prioridad desde que tenemos diagnóstico establecido y se consigue al administrar analgésicos intravenosos teniendo en cuenta las

contraindicaciones que cada paciente presente y la inmovilización de la extremidad afectada. Otro clave es la estabilización de la patología asociada que se logra al corregir el balance hidroelectrolítico, revisar parámetros hemodinámicos y la saturación de oxígeno. La profilaxis de la trombosis venosa profunda, para ello se le administra al paciente anticoagulantes de preferencia heparinas de bajo peso molecular inmediato al ingreso y por último el tratamiento ortopédico como tal, el cual es reservado únicamente a pacientes con fracturas intracapsulares desplazadas que cursan con una demencia avanzada y que no caminaran previo al trauma, u otros que debido a su patología concomitante se vuelva inviable la realización de la anestesia. (8,14,15)

2.3. Tratamiento Quirúrgico

En el tratamiento quirúrgico se va a depender del tipo de fractura que se presente; en los pacientes con fracturas intracapsulares, el tipo de tratamiento dependerá de manera directa con el grado de desplazamiento que se exhiba y la edad. se valora teniendo en cuenta estas pautas: si el paciente es joven (menor de 65-70 años), se le realiza osteosíntesis con tornillos canulados o tornillo-placa deslizante. En el paciente anciano con fractura no desplazada o incompleta que serían grado I y II de Garden, se le realiza osteosíntesis. En las fracturas desplazadas que vendrían siendo grado VI de Garden y la gran mayoría grado III, se procede a la realización de la artroplastia de cadera. (8,14,15).

En las fracturas intertrocantéreas se realiza un procedimiento de osteosíntesis en el cual se protege la cabeza femoral con tornillo-placa o clavo endomedular. Cuando la fractura presenta mucha inestabilidad, el procedimiento más óptimo es el enclavado endomedular y finalmente en las fracturas subtrocantéreas también realizaremos enclavado endomedular. (8,14,15)

Factores quirúrgicos para reducir la morbilidad y mortalidad:

1. Tanto el cirujano como el anestesista deben tener experiencia en este campo.

2. Por lo general, es mejor la anestesia regional (espinal/epidural) que la general.
3. Conviene evitar las vías de abordaje posterior con el paciente en decúbito prono.
4. Se recomienda la profilaxis antibiótica durante un período mínimo de 24 horas.
5. Deben aplicarse medidas de profilaxis anti tromboembólica cuando sea conveniente (15).

2.4. Tratamiento postoperatorio

Se hace la vigilancia y alivio del dolor, se administra oxígeno en las primeras 6 horas después de la cirugía, se hidrata al paciente, realizar fisioterapia, movilizar al paciente lo antes posible (en lo posible en las primeras 24 horas) y adoptar un enfoque multidisciplinario.

CAPITULO III: INTRODUCCIÓN A LA IMPRESIÓN 3D EN LAS CIENCIAS DE LA SALUD

Tras comentar conceptos básicos de la fractura de cadera, se puede empezar a relacionar cual es el factor que cumple la impresión 3D en el tratamiento de las cirugías de cadera.

Este tipo de procedimientos donde para corregir la patología se requieren insumos biocompatibles y bioabsorbibles estos tienen que ser analizados para saber cuál será el más adecuado en cuestión de variables como tamaño o forma ideal que será utilizado en el paciente dependiendo de la clasificación de la fractura (19), la Impresión 3D puede jugar un papel importante en la planificación del tratamiento quirúrgico permitiendo que la estrategia quirúrgica sea simulada antes del paciente ingresar al quirófano que según Chana Rodríguez et al. (19) se puede hacer un pre modelado de placas de osteosíntesis sobre ellos, nos lleva a alcanzar eficientemente un objetivo quirúrgico predefinido y a reducir los riesgos inherentes de estos procedimientos complejos (19).

En el proceso de manufactura se tiene como finalidad la fabricación de objetos tridimensionales para el caso de fracturas de cadera encontramos el empleo de archivos radiológicos y reales de cada paciente a partir de un archivo de computador. Esta tecnología adquiere cada vez más auge en el medio hospitalario, entre los cuales hospitales y sistemas de salud se han beneficiado de esta prototipando anatomía de pacientes con archivos radiológicos como Tomografía axial computarizada (TAC) y Resonancias magnéticas con softwares médicos que exportan estos archivos a 3 dimensiones compatibles con las impresoras como (Invesalius, 3D-SLICER, OsiriX) (21).

Es importante expresar inicialmente cómo las impresoras 3D pueden acoplarse a las imágenes diagnósticas para formar su modelo 3D, permitiendo así, introducir fácilmente las utilidades que confiere la impresión 3D en las ciencias de la salud (21).

Para que las impresoras 3D puedan realizar la impresión a partir de imágenes tomográficas en formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), éstas requieren de un “software” el cual traduce la imagen o archivo en formato DICOM al formato o lenguaje que la impresora 3D puede interpretar y utilizar para realizar el modelo tridimensional, este es el formato STL (Standard Tessellation Language o Stereolitografía) que no es más que la información del formato DICOM representada tridimensionalmente en forma de triángulos (20, 21,22). El proceso, aun así, no está exento de errores geométricos y distorsiones que puedan alterar el modelo final (21).

Existen muchos softwares de este estilo, sin embargo, dado la necesidad de minimizar recursos, usualmente se hace uso de softwares gratuitos en lugar de aquellos que necesitan suscripción como el Dolphin Imaging & management Solution® y OsiriX (21). Podemos destacar tres softwares gratuitos: 3DSlicer, InVesalius e ImageVis3D. De estos el 3DSlicer es considerado el más complejo, pero con el beneficio de ofrecer mayor número de herramientas para el usuario. La ventaja más relevante de InVesalius es que facilita su uso a aquellos cuya lengua madre es el portugués y por su parte también a los hispanohablantes (21). Finalmente, ImageVis3D tiene la característica de no poseer un equipo de segmentación (Que permite separar las imágenes en subregiones individuales) propio, para poder acceder a esta funcionalidad debe acoplarse al Seg3D que también es gratuito (21).

La tecnología de la impresión 3D es también conocida como fabricación aditiva y como la creación rápida de prototipos (rapid prototyping), esta ha proporcionado durante estos últimos 30 años un gran número de aplicaciones en la práctica clínica destinadas a mejorar la planificación preoperatoria, el conocimiento médico científico y la relación con los pacientes. La creación rápida de prototipos hace referencia a una serie de tecnologías de adición que están encargadas de la construcción capa por capa de un modelo físico que será la réplica de un modelo virtual, estos modelos obtenidos por una tomografía computarizada son una copia exacta e idéntica del modelo virtual ya que logran la precisión submilimétrica (19, 20).

Existen 4 tipos diferentes de técnicas de prototipado rápido (20):

-Extrusión: Se usan materiales termoplásticos que adquieren forma semilíquida a temperaturas mayores a 120 °C y mediante un extrusor se depositan finas capas sobre una plataforma construyendo el modelo hasta que se endurece mientras pierde temperatura (20).

-Granular: Se deposita una capa de polvo de una décima de milímetro en una cuba, esta se calienta a una temperatura levemente inferior al punto de fusión del polvo. Se utiliza luego un láser de CO₂ que sintetiza el polvo en los puntos seleccionados, eso hace que las partículas se fusionen y se solidifiquen (20).

-Laminado: Se depositan las capas en orden laminar, capas de material no termo moldeable como el papel, aluminio o plástico para la formación del modelo (20).

-Fotopolimerizado: Usa materiales que se polimerizan al contacto de la luz ultravioleta (fotopolímeros) (20).

La impresión 3D es relativamente una tecnología de bajo costo hoy en día, ya que el mercado durante los últimos años ofrece una amplia gama de impresoras que resultan económicamente accesibles para todo público. Por medio del método "DIY" (hazlo tu mismo) se facilita el uso de esta herramienta en varias instituciones, al ser empleada en el ámbito clínico podemos ver un cambio en la reducción del tiempo y errores en procedimientos y por ende mayor satisfacción del servicio prestado a los pacientes (19).

Gracias a estos modelos se logra un diagnóstico más certero ya que logra mejorar el acuerdo interobservador al momento de clasificar el tipo de fractura y también va a proporcionar una retroalimentación táctil que facilita la planificación preoperatoria del abordaje quirúrgico en el modelo virtual que incluye la réplica del diseño y tamaño del hardware que será empleado para la osteosíntesis durante la cirugía (19).

Adicionalmente estudios que demuestran disminución de variables como tiempo quirúrgico, sangrado, disminución en la cantidad de anestesia requerida, y mayor precisión por parte del cirujano en su intervención quirúrgica (20).

Esto demuestra la importancia que tiene la utilización de este recurso en la planificación de cirugías, ya que no solo le da más seguridad al cirujano y mayor entendimiento de lo que quiere y cómo realizarlo, sino que indiscutiblemente hay diversos beneficios para el paciente tanto intraoperatoriamente como en su postoperatorio y para el sistema de salud pues mejores pronósticos y menores complicaciones podrían evitar sobrecostos incluso en los materiales necesarios que serán utilizados durante la cirugía (20).

Algo que sigue soportando esta teoría innovadora es el hecho de que con los estudios rutinarios no se podrá apreciar la posición anatómica exacta (en 3 dimensiones y en tamaño real a escala) por la cual transcurren estructuras fundamentales como nervios y grandes/pequeños vasos sanguíneos, teniendo en cuenta que por más que la anatomía es única en el ser humano pero siempre existirán variantes anatómicas entre un individuo y otro (9,19), y mimetizando tipos de traumas, fracturas o cualquier otro tipo de afección que requiera una intervención quirúrgica que hacen única la condición del paciente que tal vez no puedan ser apreciadas con recursos diferentes a la impresión 3D de la región anatómica del paciente que irá al quirófano.

CAPITULO IV: LA IMPRESIÓN 3D EN CIRUGÍAS DE CADERA

A elevada incidencia de esta patología de cadera, y sus elevadas proyecciones a futuro (1), se ha investigado, probado y utilizado acerca del prototipado 3D abriendo un nuevo campo en el tratamiento en caso del tratamiento quirúrgico de fracturas de cadera, tanto para el estudio en la planificación y abordaje preoperatorio (23), como en la manufactura de materiales, biomateriales, implantes quirúrgicos específicos para la anatomía del paciente (24). También en el tratamiento pos operatorio se han desarrollados productos y sistemas de inmovilización de ortesis customizados que toman las medidas antropomórficas del paciente para el desarrollo del producto customizado (25, 26)

En el caso de implantes personalizados mediante la manufactura por Impresión 3D con materiales de alta resistencia mecánica y alta biocompatibilidad para el tratamiento quirúrgico, Según Dipaola et al. (27) necesita tener una autorización de un registro sanitario en este caso la FDA en los Estados Unidos, pero la autorización no garantiza el uso, ya los hospitales deciden qué tipo de implantes utilizan en sus quirófanos, y esta decisión la toma los Ortopedistas y Traumatólogos de estas instituciones además de las compañías de seguros que aseguran esta responsabilidad. Además, según Dipaola et al. (27) como el caso de las prótesis de cadera impresas en 3D tendrán que competir con la eficiencia y seguridad de los implantes ya existentes.

En el tratamiento quirúrgico, las aplicaciones de la impresión 3D en patología de la cadera ha utilizado con la finalidad obtener mejores resultados en el abordaje en el tratamiento en cirugías de cadera como en la manufactura de instrumentación personalizada para cada caso de paciente donde se muestran resultados en el posicionamiento preciso y consistente en la artroplastia de cadera, pero con costos adicionales e incierto efecto clínico (Véase tabla 5.) (28).

También al momento de obtener una mejor comprensión anatómica pre quirúrgica, incluso el cambio del abordaje quirúrgico inicial se alteró después de una revisión adicional de los modelos acetabulares impresos en 3D (29), demuestra también que hubo una mejor precisión y fue muy útil en predeterminar el modelo del implante, como el tamaño de este donde demuestra que el modelo impreso en 3D del acetábulo permitió una planificación preoperatoria segura y una reconstrucción exacta de la articulación demostró que esta técnica puede reducir las complicaciones intraoperatorias además de realizar la planificación impresa en 3D podría reducir la exposición a la anestesia mostrando, además que el prototipado a escala 1:1 de la anatomía del paciente proporcionan un campo para la enseñanza anatómica de patologías complejas en una situación simulada sin ningún riesgo pudiendo ser utilizada además en el tratamiento y abordaje quirúrgico de la cadera como también en la enseñanza para estudiantes y residentes (29).

A continuación, presentamos una recopilación de diversos estudios, con los beneficios, desventajas o aspectos a mejorar (Véase tabla 5.) expresados por los autores con respecto al uso de la impresión 3D en cirugías de cadera.

Tabla 5. Revisión de Beneficios y Desventajas o puntos en contra del uso de la Impresión 3D en las cirugías de cadera.

Estudios	Ventajas	Inconvenientes
Chana Rodriguez et al. (7) 2014	Falta de complicaciones, satisfacción de pacientes y mejor relación médico-paciente , mejora tiempos de cirugía, reduce errores, minimiza riesgos, facilitan diagnóstico, clasificación de heridas, planificación de la intervención, diseño de elementos de osteosíntesis previo a la cirugía, aprendizaje y adiestramiento de jóvenes cirujanos.	Resolución de 0.1 mm máximo, margen de error al prediseñar implantes.

Wan Kim et al. (12) 2020	Planificación de procedimiento, enseñanza y adiestramiento a estudiantes sin afectar a los pacientes.	Costo
Chana Rodriguez et al. (19) 2020	Enseñanza y adiestramiento a estudiantes, reduce tiempo quirúrgico, riesgo de infección y requerimientos de transfusión perioperatoria. Reduce uso de fluoroscopia y sus requerimientos para reducción y fijación	Resolución de 0.1 mm máximo, margen de error al prediseñar implantes.
Sanid et al. (20) 2017	Planeación preoperatoria, educación y adiestramiento del estudiante, generación de guías de corte en artroplastia de rodilla preservando la mayor cantidad de hueso posible, impresión de tejidos, órganos e implantes.	Costo y dificultad de aprobación y regulación de uso
Fadero et al. (23) 2014	Planificación, mejores reducción y estabilizaciones de fracturas, correcciones de traumas y deformidades.	El operador requiere aprender a utilizar el dispositivo
Munhoz et al. (25) 2016	Desarrollo de ortesis de caderas en pacientes con displasia de caderas.	
Hecknel et al. (28) 2018	Mejoría en precisión y orientación del cirujano en la cirugía de cadera, disminución de tiempo quirúrgico y pérdidas sanguíneas, reducción de complicaciones, intervención de pacientes con deformidades y/o estructura ósea insuficiente	
Tserovski et al. (29) 2019	Mejor comprensión del área anatómica quirúrgica, mejores resultados quirúrgicos, mejor precisión y facilidad para determinar modelo de implante, planificación preoperatoria segura, reconstrucción exacta, reduce exposición a anestesia, enseñanza y adiestramiento en estudiantes y residentes.	
Zamudio-Barrera et al. (30) 2017	Clasificación de fracturas complejas, planeación prequirúrgica, mejor abordaje y técnica de reducción, disminuyen material de osteosíntesis. Uso de modelos esterilizados como guía de abordaje durante la cirugía. Exactitud.	Vasos sanguíneos, nervios y tejidos blandos son difíciles de ubicar intraoperatoriamente. No siempre es reproducible el ensayo previo con

		modelo en el quirófano por tejido entre los fragmentos. Calidad del modelo, coste de la producción, tiempo de producción.
Naroura et al. (31) 2018	Mejoría significativa de procedimiento: tiempo quirúrgico, inserción de agujas, respeto de estructuras, buena longitud de tornillos, buen acortamiento del radio, bien nivel de osteotomía	
Larraona et al. (32) 2017	Uso de materiales radiopacos como Polylactido/Sulfato de Bario, que además tiene considerable dureza.	
Gimenez et al. (33) 2018	Observación y toque de las lesiones subyacentes, compresión de fracturas complejas o deformidades, preparación prequirúrgica, intervenciones menos agresivas al paciente, prediseño de placas, verificar posición óptima del hueso, mayor confianza al cirujano, reduce tiempo quirúrgico, disminuye cantidad de sangrado y requerimientos de radioscopia intraoperatoria, disminución de analgesia, apoyo visual. Material PLA no es tóxico y es seguro.	Material ABS es tóxico
Sanchez-Pérez et al. (34) 2018	Identificación preoperatoria de defectos óseos	Costo dependiente del uso de material impreso, costo de softwares de pago y resolución.
Ma et al. (35) 2017	Identificación de fragmentos coronarios femorales intertrocantericos en fracturas	

Fuente: Elaborado de (7,12,19, 20, 23, 24, 28-35)

Inicialmente Chana Rodriguez et al. (7) Expresa dentro de las ventajas en su estudio la falta de complicaciones, el éxito de todas las cirugías. Adiciona que la dinámica con la impresión 3D suele ser agradable para los pacientes y llena de satisfacción, optimiza los tiempos de cirugía, reduce errores y minimiza riesgos, facilitan el diagnóstico, facilitan la clasificación de las heridas, proveen información táctica que permite planificar la intervención e incluso diseñar los elementos de osteosíntesis previamente a la cirugía. Se puede reducir el gasto

imprimiendo partes en lugar de hemipelvis completas, se pueden usar los modelos para interactuar con el paciente y generar mejor relación médico-paciente. Apoyan al aprendizaje de los jóvenes cirujanos pues les permiten practicar en ellos.

Dentro de las desventajas según Chana Rodriguez et al. (7) está la resolución (que es de 0.1 mm máximo), a veces el prediseñar los implantes estos pueden tener un margen de error y no ser los adecuados para el paciente, perdiendo la individualización de cada caso.

Wan Kim et al. (12) manifiesta el beneficio de planificar el procedimiento y de permitirle la práctica a los estudiantes sin necesidad de poner en riesgo al paciente frente a las manos inexpertas. La mayor adversidad que encuentra es el costo y que no lo cubren los seguros médicos. Espera que a futuro cuando se le encuentre la importancia a la impresión 3D esto pueda ser contenido dentro de los seguros médicos.

En otro estudio de Chana Rodriguez et al. (19) expresa que los modelos 3D se pueden usar nuevamente como pacientes de práctica para los estudiantes, reduce tiempo quirúrgico, riesgo de infección y requerimientos de transfusión perioperatoria dada la familiarización con el procedimiento. Se reduciría el uso de fluoroscopia y sus requerimientos para reducción y fijación. Y reiterando la mayor limitación que es la resolución.

Sanid et al. (20) indica que las principales ventajas son la planeación preoperatoria, la facilidad de educación y adiestramiento sin necesidad de intervenir al paciente, la generación de guías de corte en la artroplastia de rodilla para preservar la mayor cantidad de hueso posible, la impresión de tejidos y órganos, la generación de implantes. Por su parte dentro de las limitaciones están el costo y la dificultad para la aprobación y la regulación de su uso.

En cuanto a Fadero et al. (23), este autor aporta contenido sobre la impresión 3D en otras articulaciones y huesos, manifiesta las mismas ventajas: el procedimiento se facilita porque la planificación, y es más evidente en fracturas complejas como las de acetábulo. También facilitan la obtención de mejores reducciones y estabilizaciones de fracturas. Y finalmente las correcciones de traumas y deformidades se facilitan con el uso de la impresión 3D y sus modelados. Dentro de las limitaciones expresa que se debe establecer correctamente que parámetros se extraen para que coincidan con el paciente y puede representar un desafío para el operador, especialmente si es inexperto.

Muños et al. (24) muestran la utilidad de la Impresión 3D para el desarrollo de ortesis de caderas para pacientes con displasia de caderas.

Hecknel et al. (28) realiza una revisión donde se observa una mejoría en la precisión y orientación del cirujano al momento de realizar las cirugías de cadera, disminución del tiempo quirúrgico y de las pérdidas sanguíneas (ambas con diferencias no significativas pero existentes en valores netos), la reducción de complicaciones y finalmente la posibilidad de la intervención en pacientes con deformidades y/o estructura ósea insuficiente. Aunque no todos sus hallazgos son significativos, muchos expresan diferencias netas que deberían tomarse a consideración.

Tserovski et al. (29) manifiestan mejor comprensión del área anatómica quirúrgica, mejores resultados quirúrgicos, mejor precisión y facilidad para predefinir modelo del implante, planificación preoperatoria segura, reconstrucción exacta, reducir la exposición de anestesia, enseñanza y adiestramiento en estudiantes y residentes.

Zamudio-Barrera et al. (30) afirma que ayudan a la clasificación de fracturas complejas, apoyan a la planeación prequirúrgica, mejoran abordaje y técnica de reducción, disminuyen el uso de material de osteosíntesis. Se pueden llevar los modelos esterilizados para tener una guía del abordaje, la exactitud anatómica suele ser exacta.

Dentro de las limitaciones expresa que los vasos sanguíneos, nervios u otros tejidos blandos son difíciles de ubicar intraoperatoriamente lo que limita esta técnica. No siempre es reproducible con exactitud la acción en quirófano con respecto al modelo, ya que algún tejido puede estar interpuesto entre los fragmentos originales haciendo que difiera la realidad del modelo. La calidad del modelo, el coste de la producción y el tiempo de producción serían las últimas limitaciones, pero considera que éstas probablemente evolucionen y se renueven para mejor (30).

Naroura et al. (31) hacen una comparación entre 2 grupos, el primer grupo se interviene sin impresión 3D y el segundo con impresión 3D. Sorprendentemente tras evaluar 11 variables, 10 de las 11 fueron mejores en el grupo 2 y la restante fue equitativa entre ambos grupos. Se evaluó la duración del procedimiento, la longitud de la incisión final, el respeto al pronador cuadrado, el respeto de la línea de Laugier's, que la placa no excediese la línea de la cadera, la buena longitud de los tornillos proximales, la longitud de los tornillos distales, buen acortamiento del radio, buen nivel de la osteotomía y que la placa este bien en el eje del radio, el cual fue esta última la única variable que no fue superior en grupo 2. Indicando notables beneficios en el uso de la impresión 3D.

Larraona et al. (32) Expresa el diseño de nuevos componentes como el Polylactido/Sulfato de Bario que tiene propiedades radiopacas y dureza, lo que puede sugerir ciertas utilidades en el área médica

Gimenez et al. (33) muestra el beneficio de observar y tocar las lesiones subyacentes, que permite comprender mejor las fracturas complejas o deformidades, facilita la preparación prequirúrgica y supone una intervención menos agresiva en el paciente. Permite prediseñar las placas y verificar su posición óptima en el hueso. Le confiere mayor confianza al cirujano, necesitara medir menos lo que reduce el tiempo quirúrgico, la cantidad de sangrado y los requerimientos de radioscopia intraoperatoria, además de disminución de la anestesia. El paciente comprenderá mejor la información que se le transmite gracias al apoyo visual.

Una de las limitaciones es el material utilizado. Existen dos materiales que son los más comúnmente utilizados: el ácido poliláctico (PLA) y el Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), el primero es más seguro y no es tóxico pues se degrada en ácido láctico, a diferencia del ABS. Por lo que el uso de ABS tendría ciertos efectos tóxicos a considerar, sin embargo, siempre está la alternativa segura del PLA (33).

Sánchez-Pérez et al. (34). Menciona dentro de sus beneficios la identificación preoperatoria de defectos óseos, sin embargo, hace mucho más énfasis en las desventajas: El costo que es dependiente del uso de material, es decir, del material impreso, el costo de los softwares de pago y la resolución.

Por último, está Ma et al. (35) Que apoya al uso de la impresión 3D para identificar la aparición de fragmentos coronarios femorales intertrocantericos en fracturas.

CONCLUSIONES

Se sugiere que el uso de la planificación prequirúrgica por medio de la impresión de modelos 3D, obtenidos gracias a las imágenes TAC de los pacientes, y la utilización de placas de osteosíntesis que han sido moldeadas previamente sobre los modelos 3D; orienta a alcanzar un objetivo quirúrgico predefinido, lograr una mejor adaptación de las placas de osteosíntesis, favorecer la reducción de las fracturas y disminuir el tiempo de la cirugía, logrando así aminorar los riesgos que son inherentes a estos procedimientos complejos y por consiguiente mejorar el tratamiento de estos pacientes.

La impresión 3D puede ser incluso una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de implantes personalizados en los pacientes que requieran de este tipo de intervenciones, apoyando por este medio aún más sus labores en el ámbito quirúrgico.

Se debe considerar que el uso de la impresión 3D cobra gran importancia al ser una herramienta ideal para la planeación personalizada de cirugías de cadera en los servicios de ortopedia y traumatología. Esto se debe a los hallazgos considerables como disminución del tiempo de cirugía, disminución del uso de analgesia, disminución de las pérdidas sanguíneas, mayor confianza del cirujano, entre otras. Por ende, cobraría más importancia en los centros que requieran intervenciones de este tipo ya que apoyaría la planeación rutinaria en el diagnóstico y planificación preoperatoria tal como lo son los estudios

imagenológicos (RX y TAC) esperándose unos mejores desenlaces para los pacientes intervenidos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el abordaje del uso de la impresión 3D en fracturas de otras localizaciones anatómicas que representen una incidencia considerable para ser investigadas, pudiendo así llegar a instaurarse como un procedimiento generalizado para el manejo de las fracturas.

Debe contemplarse la posibilidad de indagar más profundamente en la adaptación de los clínicos al uso de estos elementos de impresión 3D y la satisfacción posterior al aprendizaje y manejo de esta herramienta. Así como factores que fortalezcan la relación médico-paciente usando esta ayuda didáctica.

Ya que esta es una herramienta versátil que puede ser empleada en muchos campos, se sugiere la consideración de la impresión 3D para otras entidades clínicas no ortopédicas y se debe continuar con el proceso investigativo sobre ello detenidamente.

Finalmente, dado que es una herramienta novedosa, debe considerarse establecer protocolos que permitan posicionar y guiar al uso de la impresión 3D dentro de la práctica clínica como ayuda complementaria adecuadamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Mayor U, González ID, Becerra MC, González J, Tatiana A, Ft C, et al. Fracturas de cadera: satisfacción posquirúrgica al año en adultos mayores atendidos en Méderi-Hospital Universitario. 2016;14(3):409–22.
2. Kannus P, Parkkari J, Siev H, Heinonen A, Vuori I. Epidemiology of Hip Fractures. Bone. 1996;18:57-63.
3. Cárceles FJN, Gil P, Rodríguez FC, Ma RP. Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología Utilidad de la impresión 3D para el tratamiento quirúrgico de las fracturas acetabulares . Beca proyecto de investigación SECOT 2014. 2018;62(4).
4. Brouwers L, Teutelink A, Tilborg FAJB, Jongh MAC, Lansink KWW, Bemelman M. Validation study of 3D-printed anatomical models using 2 PLA printers for preoperative planning in trauma surgery , a human cadaver study. Eur J Trauma Emerg Surg [Internet]. 2019;45(6):1013–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00068-018-0970-3>
5. González ID, Becerra MC, González J, Campos AT, Barbosa-Santibáñez J, Alvarado R. Fracturas de cadera: satisfacción posquirúrgica al año en adultos mayores atendidos en Méderi-Hospital Universitario Mayor, Bogotá, D.C. Rev Cienc Salud. 2016;14(3):409-422. doi: <https://dx.doi.org/10.12804/revsa-lud14.03.2016.08>
6. Galvez M, Asahi T, Baar A, Carcuro G, Cuchacovich N, Fuentes J et al. Use of Three-dimensional Printing in Orthopaedic Surgical Planning. JAAOS: Global Research And Reviews 2018;2:e071.
7. Chana Rodríguez F, Pérez Mañanes R, Narbona Cárceles F, Gil Martínez P. Utilidad de la impresión 3D para el tratamiento quirúrgico de las fracturas acetabulares. Beca proyecto de investigación SECOT 2014. Revista Española De Cirugía Ortopédica Y Traumatología 2018;62:231-239.
8. Aroca Peinado M, Parra Gordo M, Porrás Moreno M, Navarro Aguilar V, Estellès Lerga P, Brugger Frigols S, et al. Fracturas de cadera. Med Gen y Fam. 2013;2(figura 2):62–6.
9. Solomon C. Management of Acute Hip Fracture. 2017;2053–62.

10. Kwee RM, Kavanagh EC. Normal anatomical variants of the labrum of the hip at magnetic resonance imaging : a systematic review. *Eur Radiol*. 2013;1694–710
11. Abou-foul AK, Borumandi F. ANATOMICAL VARIANTS OF LOWER LIMB VASCULATURE AND IMPLICATIONS FOR FREE FIBULA FLAP : SYSTEMATIC REVIEW AND CRITICAL ANALYSIS. 2016.
12. Wan Kim J, Lee Y, Seo J, Hyung Park J, Min Seo Y, Soo Kim S, et al. Clinical experience with three-dimensional printing techniques in orthopedic trauma. *J Orthop Sci [Internet]*. 2020;23(2):383–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jos.2017.12.010>
13. Fractura de cadera - Síntomas y causas - Mayo Clinic. *Mayoclinicorg* 2018.
14. Kenneth A. Egol, kenneth J. Koval, joseph D. Zuckerman. *Manual de fracturas*. 5ta edición, página 372. UK: Lippincot Williams and Wilkins; 2015.
15. Mcrae R. *Tratamiento práctico de fracturas*. 5th ed. Barcelona: José Bana Díaz; 2010.
16. Bhandari M, Swiontkowski M. Management of acute hip fracture. *N Engl J Med*. 2017;377(21):2053–62.
17. Hollensteiner M, Sandriesser S, Bliven E, Rüdén C Von, Augat P. Biomechanics of Osteoporotic Fracture Fixation. 2019;363–74.
18. Rüedi TP, Buckley RE, Moran CG, eds. *Muller AO Classification*. In: *AO Principles of Fracture Management*. 2nd ed. New York: AO Publishing; 2007: 751, 755-777.
19. Chana-rodríguez F, Ph D, Mañanes RP, Ph D, D M, Rojo-manaute J, et al. 3D surgical printing and pre contoured plates for acetabular fractures. 2020;47(2016):2507–11.
20. Sanid R, Mex M. Impresión de modelos 3D para fracturas de radio distal : un estudio piloto en el Instituto Nacional de Rehabilitación 3D radial fracture printing ; a pilot study in the Instituto Nacional de Rehabilitación. 2017;366–73.
21. Gerke BA, Yamashita AL, Sigua-rodriguez EA, Filho I, Análisis L. Análisis Descriptivo y Cualitativo de Tres Software Gratuitos Usados para la Conversión de Formato DICOM para STL. 2019;13(1):103–11.
22. Fukuda A, Ichikawa N, Kubo H. 放射線技術学における 3D printing の導入と応用. 2018;708–16.
23. Fadero PE, Shah M. Three dimensional (3D) modelling and surgical planning in trauma and orthopaedics. *The Surgeon [Internet]*. 2014;12(6):328–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.surge.2014.03.008>
24. Wan L, Wu G, Cao P, Li K, Li J, Zhang S. Curative effect and prognosis of 3D printing titanium alloy trabecular cup and pad in revision of acetabular defect of hip joint. *Exp Ther Med*. 2019;659–63.
25. Munhoz R, Moraes CA da C, Tanaka H, Kunkel ME, Cícero André da Costa Moraes HT, Kunkel ME. Uma abordagem digital para design e fabricação por prototipagem rápida de órtese para displasia do desenvolvimento do quadril - A digital approach for design and

- fabrication by rapid prototyping of orthosis for developmental dysplasia of the hip. *Res Biomed Eng.* 2016;32(1):63–73.
26. Leopoldino De Brito C, Neto G, Alves D, Nagem P, Roberto H, Karilany H, et al. Tecnologia 3D NA SAÚDE Uma visão sobre Órteses e Próteses, Tecnologias Assistivas e Modelagem 3D Vice-Reitor Diretoria Administrativa da EDUFRN Conselho Editorial SECRETARIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA – SEDIS Secretária de Educação a Distância Secretária Adj [Internet]. Available from: [http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/24808/1/Tecnologia 3d na saúde.pdf](http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/24808/1/Tecnologia%203d%20na%20saude.pdf)
 27. Dipaola M, Wodajo F. *Impresión 3D en cirugía ortopédica.* 1st ed. Barcelona: Elsevier; 2019.
 28. Henckel J, Holme TJ, Radford W, Skinner JA, Hart AJ. 3D-printed Patient-specific Guides for Hip Arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018;26(16):e342–8.
 29. Tserovski S, Georgieva S, Simeonov R, Bigdeli A, Röttinger H, Kinov P. Advantages and disadvantages of 3D printing for pre-operative planning of revision hip surgery. *J Surg Case Reports.* 2019;2019(7):1–4.
 30. Zamudio-Barrera DE, Morales-Avalos R, Negreros-Osuna A, Cerda-Barbosa JK, Alvarez-Lozano E, Peña-Martinez VM. Utilidad y aplicación del modelado e impresión 3D en fracturas complejas de acetábulo. Reporte de un caso. *Memorias del Congr Nac Ing Biomédica* [Internet]. 2017;4(1):379–84. Available from: <http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/291>
 31. Naroura I, Hidalgo Diaz JJ, Xavier F, Baldaire F, Favreau H, Clavert P, et al. Teaching of distal radius shortening osteotomy: three-dimensional procedural simulator versus bone procedural simulator. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018;43(9):961–6.
 32. Larraona NS, Fernandez M, Martin S, Calafell Martinez I, Sarasua Oiz JR, Muñoz Ugartemendia J, et al. Radiopaque Material for 3D Printing Scaffolds. 2017;454(cc):451–4. Available from: https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/25712/Sadaba451_454.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 33. Giménez EV, López AG, Quevedo AM, Bailén A, Dkruur GH, Wilhpsr GH, et al. Uso de impresión digital 3D con material densidad calcio para la corrección de una deformidad grave de húmero proximal . A propósito de un caso. 2018;53:120–6.

34. Sánchez-Pérez C, Rodríguez-Lozano G, Rojo-Manaute J, Vaquero-Martín J, Chana-Rodríguez F. 3D surgical printing for preoperative planning of trabecular augments in acetabular fracture sequel. *Injury*. 2018;49:S36–43.

35. Ma Z, Yao X zhou, Chang S min. The classification of intertrochanteric fractures based on the integrity of lateral femoral wall: Letter to the editor, Fracture morphology of AO/OTA 31-A trochanteric fractures: A 3D CT study with an emphasis on coronal fragments. *Injury*. 2017;48(10):2367–8.