



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Cirugía

MODELO DE REALIDAD VIRTUAL EN 3D PARA LA
PLANIFICACIÓN DE LA RECONSTRUCCIÓN MICROQUIRÚRGICA
DE LA MAMA CON EL COLGAJO DIEAP EN EL SISTEMA
SANITARIO PÚBLICO DE ANDALUCÍA: VALIDACIÓN DE LA
HERRAMIENTA INFORMÁTICA Y ESTUDIO CLÍNICO
COMPARATIVO DE 70 CASOS

TESIS DOCTORAL

Autor: PURIFICACIÓN GACTO SÁNCHEZ
Director: DR. D. PEDRO INFANTE COSSÍO
Codirectores: DR. D. TOMÁS GÓMEZ CÍA
DR. D. DOMINGO SICILIA CASTRO

Sevilla, 2009

D. PEDRO INFANTE COSSÍO, Profesor Titular vinculado al Departamento de Cirugía de la Universidad de Sevilla

CERTIFICA que la licenciada en Medicina Dña. Purificación Gacto Sánchez ha realizado bajo su dirección el trabajo de investigación titulado **“MODELO DE REALIDAD VIRTUAL EN 3D PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA RECONSTRUCCIÓN MICROQUIRÚRGICA DE LA MAMA CON EL COLGAJO DIEAP EN EL SISTEMA SANITARIO PÚBLICO DE ANDALUCÍA: VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA Y ESTUDIO CLÍNICO COMPARATIVO DE 70 CASOS”** y reúne las condiciones para ser leído y defendido como tesis para optar al grado de doctor.

Sevilla, 31 de agosto de 2009

Fdo. Dr. Pedro Infante Cossío

D. TOMÁS GÓMEZ CÍA, Doctor en Medicina y Cirugía y Jefe del Servicio de Cirugía Plástica de Hospitales Universitarios Virgen del Rocío de Sevilla, y D. DOMINGO SICILIA CASTRO, Doctor en Medicina y Cirugía y Facultativo Especialista de Área en Cirugía Plástica de Hospitales Universitarios Virgen del Rocío de Sevilla

CERTIFICAN que la licenciada en Medicina Dña. Purificación Gacto Sánchez ha realizado bajo su dirección el trabajo de investigación titulado **“MODELO DE REALIDAD VIRTUAL EN 3D PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA RECONSTRUCCIÓN MICROQUIRÚRGICA DE LA MAMA CON EL COLGAJO DIEAP EN EL SISTEMA SANITARIO PÚBLICO DE ANDALUCÍA: VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA Y ESTUDIO CLÍNICO COMPARATIVO DE 70 CASOS”** y reúne las condiciones para ser leído y defendido como tesis para optar al grado de doctor.

Sevilla, 31 de agosto de 2009

Fdo. Dr. Tomás Gómez Cía

Fdo. Dr. Domingo Sicilia Castro

A mis padres, con cariño y admiración.

*A Pepe, por compartir ilusiones e inquietudes,
por su apoyo y por saber hacerme feliz a diario.*

INDICE

INDICE DE CAPÍTULOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Reconstrucción mamaria con tejido autólogo: el colgajo DIEAP.....	3
1.1.1. Revisión histórica.....	3
1.1.2. Anatomía quirúrgica.....	11
1.1.3. Selección de pacientes.....	13
1.1.4. Planificación prequirúrgica.....	16
1.1.4.1. Doppler unidireccional.....	17
1.1.4.2. Doppler color de flujo bidimensional.....	18
1.1.4.3. Termografía.....	18
1.1.4.4. Angio Tomografía Computerizada.....	19
1.1.4.5. Angio Resonancia Magnética.....	26
1.1.5. Complicaciones.....	27
1.1.6. Protocolos de reconstrucción mamaria postmastectomía.....	36
1.1.6.1. Momento de la reconstrucción.....	36
1.1.6.2. Indicaciones y contraindicaciones.....	37
1.1.6.3. Técnicas de reconstrucción.....	38
A) Expansores titulares-prótesis.....	38
B) Colgajos autólogos.....	39
C) Cirugía oncoplástica.....	45
1.2. Realidad Virtual en Medicina.....	46
1.2.1. Los Simuladores en el aprendizaje quirúrgico.....	46
1.2.2. Realidad Virtual en Cirugía Plástica.....	60
1.2.3. Realidad Virtual aplicada a la optimización de los procesos quirúrgicos. El proyecto VirSSPA.....	65
2. JUSTIFICACIÓN Y ACREDITACIONES PREVIAS	75
2.1. Justificación.....	77
2.2. Acreditaciones.....	79
3. HIPÓTESIS	83
4. OBJETIVOS	87
5. MATERIAL Y MÉTODO	91
5.1. Validación de la herramienta de realidad virtual VirSSPA en la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP.....	93
5.1.1. Ámbito de estudio.....	93
5.1.2. Período de estudio.....	93
5.1.3. Población de estudio.....	93
5.1.3.1. Criterios de inclusión.....	93
5.1.3.2. Criterios de exclusión.....	94
5.1.4. Identificación de los casos.....	94
5.1.5. Variables de estudio.....	94
5.1.6. Indicación quirúrgica.....	95
5.1.7. Tratamiento.....	95
5.1.7.1. Preoperatorio.....	95
5.1.7.2. Peroperatorio.....	105

5.1.7.3. Quirúrgico	107
5.1.7.4. Postoperatorio	113
5.1.8. Métodos estadísticos utilizados	114
5.2. Estudio comparativo de reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP con la aplicación del programa VirSSPA	114
5.2.1. Ámbito de estudio	114
5.2.2. Período de estudio	115
5.2.3. Población de estudio	116
5.2.3.1. Criterios de inclusión	116
5.2.3.2. Criterios de exclusión	116
5.2.4. Identificación de los casos	117
5.2.5. Variables de estudio	118
5.2.5.1. Variables demográficas	118
5.2.5.2. Criterios de consumo o costes	120
5.2.5.3. Criterios de morbilidad o complicaciones	121
5.2.5.4. Factores de confusión	125
5.2.6. Indicación quirúrgica	126
5.2.7. Tratamiento	127
5.2.7.1. Preoperatorio	127
5.2.7.2. Peroperatorio	127
5.2.7.3. Quirúrgico	128
5.2.7.4. Postoperatorio	128
5.2.8. Cálculo del tamaño muestral	128
5.2.9. Métodos estadísticos utilizados	130
5.2.9.1. Estudio descriptivo	130
5.2.9.2. Análisis univariante	131
5.2.9.3. Medida de la asociación del riesgo	131
5.2.9.4. Análisis de regresión logística	132
6. RESULTADOS	133
6.1. Validación de la herramienta de realidad virtual VirSSPA en la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP	135
6.1.1. Estudio descriptivo de la muestra	135
6.1.2. Análisis del margen de error	135
6.1.3. Análisis de regresión lineal	138
6.2. Estudio comparativo de reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP con la aplicación del programa VirSSPA	139
6.2.1. Estudio descriptivo de la muestra	139
6.2.1.1. Indicación quirúrgica	140
6.2.1.2. Edad	142
6.2.1.3. Índice de masa corporal	143
6.2.1.4. Terapias neoadyuvantes	144
6.2.1.5. Patologías previas	145
6.2.2. Estudio descriptivo de las intervenciones quirúrgicas	146
6.2.2.1. Número de perforantes en el colgajo	146
6.2.2.2. Tiempo de disección del colgajo DIEAP	148
6.2.2.3. Tiempo de isquemia	148
6.2.2.4. Tiempo operatorio total	150
6.2.3. Estudio descriptivo de los indicadores de consumo o costes	151
6.2.3.1. Tiempo de analgesia	151

6.2.3.2. Tiempo de estancia hospitalaria.....	153
6.2.3.3. Número de concentrados de hematíes transfundidos.....	154
6.2.3.4. Reintervenciones.....	156
6.2.4. Estudio comparativo de las complicaciones entre ambos grupos.....	156
6.2.4.1. Complicaciones globales	156
6.2.4.2. Complicaciones del colgajo DIEAP	157
6.2.4.3. Complicaciones de la zona donante abdominal	160
6.2.4.4. Complicaciones sistémicas	163
6.2.5. Análisis de los factores de riesgo y las complicaciones	166
6.2.5.1. Análisis univariante	166
A. Complicaciones globales.....	166
B. Complicaciones del colgajo DIEAP	167
C. Complicaciones de la zona donante abdominal	168
D. Complicaciones sistémicas.....	169
6.2.5.2. Medida de la asociación del riesgo	170
A. Complicaciones globales.....	170
B. Complicaciones del colgajo DIEAP	172
C. Complicaciones de la zona donante abdominal	173
D. Complicaciones sistémicas.....	174
6.2.5.3. Análisis de regresión logística	175
7. DISCUSIÓN	177
7.1. Discusión de la validación de la herramienta de realidad virtual VirSSPA en la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP.....	182
7.2. Discusión del estudio comparativo de reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP con la aplicación del programa VirSSPA	192
7.2.1. Características generales de la muestra	192
7.2.2. Indicadores de consumo o costes.....	198
7.2.3. Factores de riesgo y complicaciones quirúrgicas	208
7.3. Consideraciones finales y perspectivas de futuro.....	219
8. CONCLUSIONES	223
9. CONCLUSIONS	227
10. RESUMEN	231
11. SUMMARY	239
12. BIBLIOGRAFÍA	247
13. ACREDITACIONES DEL PROYECTO	267
13.1. Proyecto de Investigación	
13.2. Beca Rotación Externa HHUU Virgen del Rocío 2009	
13.3. Comunicaciones	
13.4. Artículos publicados en revistas científicas	
13.5. Capítulos de libro	
13.6. Informes de profesores evaluadores europeos	
13.7. Certificado de estancia en Centro Superior Investigación europeo	

14. ANEXOS	327
ANEXO I. Informes Comité Ético	
ANEXO II. Consentimiento informado para el procedimiento	

ABREVIATURAS

AAS	Ácido acetilsalicílico
ACR	American College of Radiology
ALT	Anterolateral thigh
AngioRM	Angio Resonancia Magnética
AngioTAC	Angio Tomografía Axial Computerizada
AVI	Audio Video Interleave
CAP	Complejo areola-pezones
cc	Centímetros cúbicos
CD-ROM	Compact Disc-Read Only Memory
cm	Centímetros
CMBD	Conjunto Mínimo Básico de Datos
Cols	Colaboradores
DICOM	Digital Imaging and Communications in Medicine
DIEAP	Deep inferior epigastric artery perforator
DM	Diabetes mellitus
DP	Derrame pleural
EEUU	Estados Unidos
HHUU	Hospitales Universitarios
HTA	Hipertensión arterial
HU	Unidades Hounsfield
IAM	Infarto agudo de miocardio
IC	Insuficiencia cardiaca
IC 95%	Intervalo de confianza del 95%
IMC	Índice de masa corporal
i.v.	Intravenoso
IVI	Inyección intravenosa
JPEG	Join Photograph Expert Group
Li IC95	Límite inferior del intervalo de confianza del 95%
Ls IC95	Límite superior del intervalo de confianza del 95%
MCP	Mastectomía conservadora de piel
min	Minutos
mm	Milímetro
MS	Muscle-sparing
mSv	MiliSievert
NEMA	National Equipment Manufacturers Association
OR	Odds ratio
PAAF	Punción-aspiración con aguja fina
PET	Positron Emission Tomography
QT	Quimioterapia
RM	Resonancia Magnética
RMi	Resonancia Magnética intraoperatoria
RPM	Reconstrucción postmastectomía
RT	Radioterapia
RTOG	Radiation Therapy Oncology Group

RV	Realidad virtual
s	Segundo
SACPRE	Sociedad Andaluza de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora
s.c.	Subcutáneo
SD	Desviación estándar
SECPRE	Sociedad Española de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora
SEER	Surveillance, Epidemiology and End Results Program
SGAP	Superior gluteal artery perforator
SIEAP	Superficial inferior epigastric artery perforator
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
T	Tiempo
TAC	Tomografía axial computerizada
TEP	Tromboembolismo pulmonar
TRAM	Transverse rectus abdominis musculocutaneous
3D	Tridimensional
TVP	Trombosis venosa profunda
U.S.	Ultrasonidos
USB	Universal Serial Bus
VirSSPA	Virtual Sistema Sanitario Público Andalucía
v.o.	Vía oral
VS.	Versus

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colgajo TRAM.	7
Figura 2. Diseño del colgajo DIEAP.	9
Figura 3. Colgajo SGAP.	9
Figura 4. Diseño del colgajo SIEAP.	10
Figura 5. Colgajo ALT.	10
Figura 6. Disección anatómica típica de una perforante lateral en un colgajo DIEAP.	11
Figura 7. Diferentes visualizaciones con el nuevo modelo 3D.	68
Figura 8. Visualización de un modelo 3D compuesto por diferentes órganos.	70
Figura 9. Visión en 2D de las imágenes DICOM.	71
Figura 10. Representación de un cráneo desde las cuatro vistas clásicas.	72
Figura 11. Corte de la geometría mediante la utilización de dos planos de corte y extracción de un trozo de la mandíbula	73
Figura 12. Corte seleccionado en la región de interés (área periumbilical).	97
Figura 13. Selección de la información de la pared abdominal.	98
Figura 14. Imagen segmentada utilizando el método del algoritmo lineal.	99
Figura 15. Reconstrucción 3D de la pared abdominal mediante VirSSPA con la ventana 2D.	99
Figura 16. Reconstrucción 3D de la piel de la pared abdominal de la paciente.	100
Figura 17. Reconstrucción 3D de la pared abdominal. Las estacas marcan el lugar en el que las perforantes abdominales penetran a través de la fascia.	100
Figura 18. Disección virtual de las perforantes abdominales.	101
Figura 19. Las herramientas virtuales permiten la selección de las perforantes.	101
Figura 20. Espacio virtual para la disección quirúrgica de estructuras.	102
Figura 21. Reconstrucción 3D con las texturas y transparencias asignadas por la aplicación VirSSPA.	103
Figura 22. Textura de la piel con vasos subyacentes por transparencia. Medidas de las distancias de las perforantes al ombligo.	104
Figura 23. Plantillas obtenidas con VirSSPA.	105
Figura 24. Marcaje de la isla abdominal	105
Figura 25. Plantilla colocada sobre el abdomen de la paciente para el marcaje de las perforantes sobre la piel abdominal.	106
Figura 26. Dibujo de las perforantes por transparencia a partir de la plantilla.	106
Figura 27. Visión intraoperatoria durante la disección del colgajo DIEAP. Tres perforantes marcadas que nutren el colgajo	108
Figura 28. Arteria y vena mamaria interna.	109
Figura 29. Disección de las perforantes tras levantamiento del colgajo de lateral a medial.	110
Figura 30. Medida de la distancia intraoperatoria de las perforantes al ombligo.	111
Figura 31. Acceso intraoperatorio a la reconstrucción 3D con VirSSPA.	112
Figura 32. Localización con Doppler de las principales perforantes.	127
Figura 33. Coeficiente de correlación de Pearson	139
Figura 34. Momento de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.	140
Figura 35. Distribución de las causas por las que se precisó reconstrucción mamaria.	141
Figura 36. Distribución de las edades por décadas en los grupos experimental y control.	143

Figura 37. Distribución de los IMC en los dos grupos de pacientes.	144
Figura 38. Distribución de las terapias neoadyuvantes.	145
Figura 39. Distribución de las copatologías presentes en el momento de la intervención quirúrgica.	145
Figura 40. Distribución del número de perforantes en que se basó el colgajo DIEAP en función del uso o no del programa VirSSPA en la planificación quirúrgica.....	147
Figura 41. Tiempos medios de disección del colgajo DIEAP en ambos grupos.....	148
Figura 42. Tiempos medios de isquemia del colgajo DIEAP en ambos grupos.	149
Figura 43. Tiempos medios operatorios totales del colgajo DIEAP en ambos grupos	150
Figura 44. Tiempos medios de analgesia intravenosa durante el postoperatorio en ambos grupos.	152
Figura 45. Tiempos medios de estancia hospitalaria durante el postoperatorio del colgajo DIEAP en ambos grupos	153
Figura 46. Distribución de los números de concentrados de hematíes transfundidos en función del uso o no del programa VirSSPA para la planificación quirúrgica.....	154
Figura 47. Número medio de concentrados de hematíes transfundidos durante el postoperatorio en ambos grupos.	155
Figura 48. Distribución del número de reintervenciones en función del uso o no del programa VirSSPA para la planificación quirúrgica.	156
Figura 49. Complicaciones del colgajo DIEAP en las pacientes del grupo control....	159
Figura 50. Complicaciones de la zona donante abdominal en el grupo control.....	162
Figura 51. Complicaciones de la zona donante abdominal en el grupo experimental	163
Figura 52. Complicaciones sistémicas durante el postoperatorio en las pacientes del grupo control	165

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Revisión de la literatura. Complicaciones del colgajo TRAM vs DIEAP	28
Tabla 2. Parámetros del TAC.	96
Tabla 3. Hallazgos de perforantes en cada una de las 12 pacientes seleccionadas para la validación.	136
Tabla 4. Medidas de las distancias entre el punto exacto en que las perforantes abdominales atraviesan la fascia y el ombligo.	137
Tabla 5. Características descriptivas de tiempo e indicaciones quirúrgicas para la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.	141
Tabla 6. Análisis de las características generales de las 70 pacientes.	142
Tabla 7. Análisis descriptivo de las intervenciones en las 70 pacientes.	147
Tabla 8. Análisis descriptivo de los costes y reintervenciones en las 70 pacientes	152
Tabla 9. Complicaciones globales comparativas entre el grupo experimental y el grupo control.	157
Tabla 10. Complicaciones comparativas agrupadas entre el grupo experimental y el grupo control.	157
Tabla 11. Complicaciones del colgajo DIEAP en las 70 reconstrucciones mamarias realizadas con y sin la herramienta de realidad virtual VirSSPA.	158
Tabla 12. Complicaciones de la zona donante abdominal en las 70 reconstrucciones mamarias realizadas con y sin la herramienta de realidad virtual VirSSPA.	160
Tabla 13. Complicaciones sistémicas en las 70 reconstrucciones mamarias realizadas con y sin la herramienta de realidad virtual VirSSPA.	164
Tabla 14. Análisis univariante de los factores de riesgo y las complicaciones globales postquirúrgicas.	167
Tabla 15. Análisis univariante de los factores de riesgo y las complicaciones quirúrgicas englobadas en tres grandes grupos	168
Tabla 16. Relación entre las complicaciones en la zona donante abdominal y los tiempos de disección del colgajo DIEAP mayores de 150 minutos.	169
Tabla 17. Relación entre las complicaciones sistémicas postoperatorias y el empleo de la herramienta VirSSPA de realidad virtual.	170
Tabla 18. Relación entre las complicaciones sistémicas postoperatorias y los tiempos operatorios totales mayores de 500 minutos.	170
Tabla 19.- Factores de riesgo y su asociación con cualquier complicación	171
Tabla 20.- Medidas de asociación del riesgo entre los factores de riesgo y las complicaciones del colgajo DIEAP.	173
Tabla 21.- Medidas de asociación del riesgo entre los factores de riesgo y las complicaciones en la zona donante abdominal.	173
Tabla 22.- Análisis de regresión logística para el riesgo de complicación global.	175

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas y cada una de las personas que han contribuido en alguna medida a la elaboración de esta tesis:

Al Prof. Pedro Infante, director de esta tesis, por haber confiado en mí, por sus consejos, su paciencia y apoyo constantes y por haberse convertido en un pilar básico en mi formación científica tanto por su profesionalidad como por su calidad humana.

A los codirectores de esta tesis. Al Dr. Tomás Gómez Cía, por haber creído en el proyecto desde el principio, haberme alentado a realizarlo y brindado todo el apoyo necesario. Al Dr. Domingo Sicilia, por su disponibilidad, su dedicación a las pacientes y su generosidad para compartir sus conocimientos, cuyo trabajo ha permitido realizar esta tesis.

A todo el equipo que hace posible las intervenciones de microcirugía cada semana, en especial a las Dras. Maite Collell y Araceli Lagares por su paciencia y tesón.

A todos los adjuntos del Servicio de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío, los que están y los que les precedieron, por haber compartido sus conocimientos y contribuido a mi formación quirúrgica.

A mis compañeros residentes del Servicio, por los momentos de ocio y de trabajo tan agradables; en especial a Aliseda, Fernando y Alejandro por ayudarme también con la recogida de datos.

Al Dr. T.C. Teo, por haber aportado su conocimiento y experiencia y por su amable acogida en el Hospital Queen Victoria de East Grinstead (Reino Unido), donde realicé una estancia predoctoral llevando a cabo trabajos de investigación relacionados con esta tesis.

A los profesionales del Servicio de Radiología del Hospital Virgen del Rocío, por su amable disposición y colaboración en todos los casos.

Al Dr. Juan Manuel Praena, por su inestimable ayuda y cuidadoso trabajo en los análisis estadísticos sin los que no hubiera podido realizarse este estudio.

A todos los integrantes del proyecto VirSSPA y a la Fundación Reina Mercedes y Alcalá Innova, que han hecho posible el desarrollo de la herramienta de realidad virtual.

A la Dirección y Comisión de Docencia del Hospital Virgen del Rocío, que facilitó mi estancia en el Hospital Queen Victoria de East Grinstead (Reino Unido), donde pude exponer nuestros resultados y recibir la crítica de los expertos.

A todo el personal administrativo del Servicio de Documentación Clínica, por su búsqueda, siempre diligente, de las historias.

A las pacientes, quienes pasan por el largo proceso reconstructivo tras su enfermedad y soportan nuestros éxitos y fracasos quirúrgicos; a ellas es a las que, en última instancia, está dedicado este trabajo.

A todos, muchas gracias.

“Tissue transfer is the constant struggle between beauty and blood supply”
Sir Harold Gillies

1. INTRODUCCIÓN

1.1. RECONSTRUCCIÓN MAMARIA CON TEJIDO AUTÓLOGO: EL COLGAJO DIEAP

1.1.1. REVISIÓN HISTÓRICA

El cáncer de mama es el tumor más frecuente en las mujeres occidentales estimándose que, en los países de la Unión Europea, la probabilidad de desarrollar un cáncer de mama antes de los 75 años de edad es del 8%. En nuestro país se diagnostican anualmente unos 16000 casos y es causa de muerte en casi 6000 mujeres al año. Se estima que actualmente en España existen unas 67.600 mujeres diagnosticadas de cáncer de mama en los últimos 5 años¹. A pesar de que el tratamiento del cáncer de mama tiende a preservar la glándula en la medida de lo posible, la mastectomía continúa siendo una modalidad terapéutica prevalente. Según el National Cancer Institute, durante el año 2001, en más de un tercio de las pacientes con carcinoma de mama en estadios tempranos se realizó mastectomía², pese a que existe un consenso de que la mayoría de pacientes con estadios tempranos de la enfermedad son buenas candidatas a mastectomías conservadoras de piel (MCP)^{3,4}.

Los cirujanos indican la mastectomía por muy diversas razones entre las que se incluyen las contraindicaciones clínicas para la MCP (como la enfermedad multicéntrica o multifocal) y el pobre resultado estético que podría generar la exéresis de una gran tumoración. Las pacientes pueden preferir la mastectomía simple a la MCP debido a la gran preocupación que les causa la posibilidad de recurrencia de la enfermedad, la recuperación postquirúrgica o los efectos secundarios de la radioterapia⁵.

La incidencia de cáncer de mama aumenta progresivamente en nuestra sociedad y, con ello, la demanda de las diferentes técnicas de reconstrucción mamaria⁶. La reconstrucción mamaria resulta ser un importante proceso complementario en el

tratamiento de mujeres mastectomizadas⁷. Son muchos los estudios que avalan los efectos beneficiosos de la reconstrucción en la calidad de vida y en la percepción de la imagen corporal de estas pacientes^{8,9}. Estas técnicas se deben adecuar al nivel de exigencia, cada vez mayor, de la mujer occidental. Es de obligado cumplimiento para el cirujano la búsqueda de procedimientos reconstructivos que proporcionen el mayor grado de satisfacción de la paciente con el mínimo sufrimiento posible.

Según datos recogidos por miembros de la Asociación Americana de Cirugía Plástica¹⁰, el número de reconstrucciones mamarias anuales se incrementó de 26.609 en 1992 a 78.832 en el año 2000, lo que supone un incremento del 166 por ciento. Sin embargo, entre los años 2002 y 2005 las reconstrucciones anuales disminuyeron de 73.026 a 57.778. En una revisión de mujeres sometidas a mastectomía por cáncer de mama llevada a cabo entre los años 1998 y 2002 tan solo el 17% fueron reconstruidas, según datos del Surveillance, Epidemiology and End Results Program (SEER)¹¹. Se observaron variaciones geográficas; las tasas regionales ajustadas variaban desde el 4,5% en Alaska al 34,7% en Atlanta, Georgia.

Tomando como muestra los cirujanos generales de las ciudades de Detroit y Los Angeles, que atendieron a 1844 mujeres diagnosticadas de cáncer de mama durante el año 2002, tan sólo el 24% de los cirujanos envió a más del 75% de sus pacientes mastectomizadas a la consulta del cirujano plástico para estudiar sus posibilidades reconstructivas¹². Existen sin embargo otras series publicadas que muestran tasas más altas de reconstrucción mamaria post-mastectomía. En una del SEER que hace referencia al período comprendido entre los años 2001 y 2003¹³, el 38% de las 464 mujeres mastectomizadas se sometieron a procedimientos reconstructivos. La razón más común para no optar por la reconstrucción mamaria fue el deseo de evitar más intervenciones quirúrgicas.

No hemos encontrado publicaciones que hagan referencia a estas cifras en España pero podemos generalizar que, como en Estados Unidos, la reconstrucción mamaria postmastectomía continúa siendo un procedimiento infrautilizado. Las razones subyacentes parecen ser multifactoriales y relacionadas con variables socioeconómicas, entre las que se incluyen el nivel educativo, el acceso al sistema sanitario, la raza o etnia así como la localización geográfica, la edad y la elección personal¹³⁻¹⁵.

El objetivo de la reconstrucción mamaria es permitir a la mujer recuperar el contorno corporal que tenía previo a la mastectomía, ayudando a superar el trance psicológico que supone la pérdida de un órgano tan íntimo como es la mama, tanto en su vida personal y social como profesional. La reconstrucción mamaria evoluciona con el tiempo, pero sus pretensiones siguen siendo las mismas: conseguir una nueva mama lo más natural posible con una técnica segura, resultados duraderos en el tiempo y una mínima morbilidad funcional de la zona donante.

Tradicionalmente, la reconstrucción mamaria se ha llevado a cabo utilizando tejido autólogo (exceso de grasa abdominal o glúteo) o mediante la colocación de implantes mamarios. A pesar de que la expansión tisular y la reconstrucción mediante implantes constituye un método excelente de reconstrucción mamaria, la reconstrucción mediante tejido autólogo es considerada el “gold standard” para la reconstrucción de la mama en mujeres mastectomizadas, logrando un aspecto y una textura muy naturales. El grado de satisfacción obtenido por las pacientes suele ser muy alto puesto que el resultado definitivo proporciona simetrías duraderas en el tiempo, sin necesidad de tener que pasar por otros procedimientos quirúrgicos en el futuro, como recambios de prótesis, capsulotomías o intervenciones en la mama contralateral¹⁴. Además, la reconstrucción con tejido autólogo puede ser el único procedimiento reconstructivo disponible para pacientes con grandes defectos de tejidos blandos o con piel en la pared

torácica no apta para la expansión tisular debido a cicatrices muy adheridas o alteraciones cutáneas por radiodermatitis.

El abdomen es una fuente ideal de tejido para la reconstrucción mamaria. La mayoría de las pacientes que presentan cáncer de mama se encuentran en una edad en la que también presentan exceso de piel y grasa abdominal. La grasa posee una textura blanda, es fácil de moldear por el cirujano y se aproxima mucho a la textura y el tacto de la mama normal. Además, una ventaja añadida de una zona donante abdominal para la mayoría de las pacientes es la mejora del contorno abdominal tras la disección del colgajo⁷.

Clásicamente se ha venido utilizando en reconstrucción mamaria el colgajo TRAM (Transverse Rectus Abdominis Musculocutaneous) pediculado, pero éste presenta ciertos problemas como la pérdida funcional del músculo y la debilidad de la pared abdominal. Existen además, tasas publicadas de hasta un 25% de necrosis parciales del colgajo TRAM¹⁶ debidas generalmente a una peor vascularización de la isla graso-cutánea por parte del pedículo de la arteria epigástrica superior, la necesidad de torsión del músculo recto anterior en el punto pivote para su transferencia y la tunelización subcutánea torácica que puede comprimir el pedículo. En la actualidad, se ha dado un gran paso adelante en la disminución de las secuelas de la zona donante con el desarrollo de los colgajos de perforantes.

Los colgajos de perforantes son colgajos microquirúrgicos cuyo fundamento consiste en la vascularización de un territorio anatómico por medio de una arteria perforante, que emerge del tronco vascular principal, atravesando una región muscular determinada pero con total independencia de ésta, lo que evita su sacrificio. Los avances logrados con la microcirugía han permitido mejorar la vascularización del TRAM pediculado y minimizar la morbilidad de la pared abdominal con el desarrollo del

colgajo TRAM libre, donde se observa un menor número de hernias postquirúrgicas y una disminución de la estancia hospitalaria con una pronta recuperación por parte de la paciente.

El colgajo DIEAP (Deep Inferior Epigastric Artery Perforator) y otros colgajos de perforantes tuvieron su origen en el trabajo de Stuart Milton en los años 60. En esa época, la cobertura cutánea se llevaba a cabo con colgajos randomizados basados en el principio geométrico de una relación largo/ancho de aproximadamente 1,5:1. Utilizando un modelo porcino, Milton^{17,18} demostró, entre 1970 y 1971, que se podían levantar colgajos de mayor longitud respecto al ancho de forma segura cuando se basaban en un vaso subyacente conocido. Esto llevó al concepto del colgajo pediculado de patrón axial, que fue considerado por primera vez por McGregor y Jackson¹⁹ en la descripción del colgajo inguinal en 1972. Más tarde, en 1982, fue Hartrampf²⁰ quien utilizó el concepto de colgajo pediculado para transferir tejido abdominal al pecho en la reconstrucción mamaria utilizando la arteria epigástrica superior y el músculo recto abdominal como “carrier”. Este colgajo se conocería como el colgajo miocutáneo transversal recto abdominal o colgajo TRAM (Figura 1).

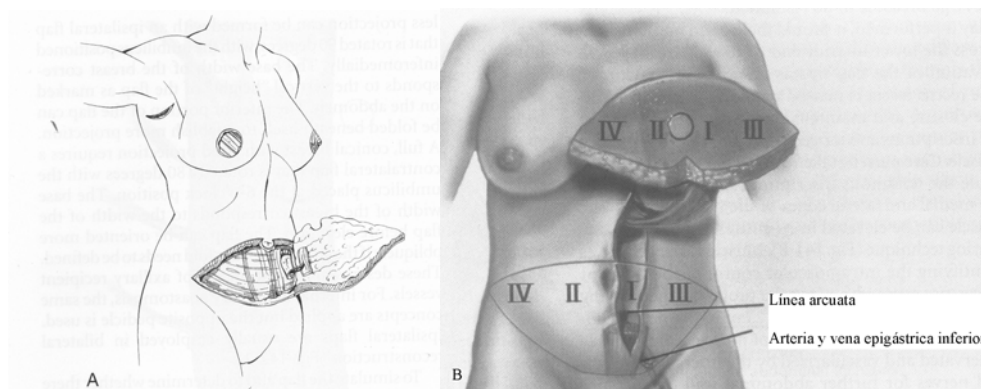


Figura 1. Colgajo TRAM. **A.** Representación esquemática del diseño del colgajo TRAM. El colgajo se basa en la arteria y vena epigástrica superior junto con una franja del músculo recto abdominal. **B.** Colgajo TRAM pediculado ipsilateral con una rotación del colgajo de 180° para colocarlo en su nueva posición. También se encuentran marcadas las 4 áreas de vascularización del colgajo (al igual que en el colgajo DIEAP) numeradas del I al IV.

(Fuente: Ilustración original de Mathes SJ. Plastic Surgery. 2nd ed. China: Saunders Elsevier, 2006)

En 1973, Taylor y Daniel^{21,22} acuñaron el término “colgajo libre” para describir la transferencia a distancia de un colgajo en isla con anastomosis microvascular. En 1975 ampliaron su trabajo con una descripción anatómica detallada de muchas de las zonas donantes de colgajos libres que se utilizan hoy en día²³. Holstrom²⁴, en 1979, describió el uso de lo equivalente a un colgajo TRAM libre en su informe de un “colgajo de abdominoplastia libre” para la reconstrucción mamaria. Se llevaron a cabo numerosos intentos para reducir el volumen muscular y limitar la morbilidad en la zona donante²⁵.

Posteriormente, comenzó a utilizarse el concepto de preservación del músculo en zonas donantes, como en el caso de Elliot²⁶ con el uso del dorsal ancho dividido, y de Feller²⁷ con la transferencia parcial del músculo recto abdominal. Este concepto fue depurado más tarde por Koshima y Soeda²⁸ quienes, en 1989, publicaron los dos primeros casos de colgajos cutáneos nutridos por perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda sin músculo recto abdominal para la reconstrucción de una ingle y un defecto intraoral, respectivamente. En 1990 Allen y Treece²⁹ comenzaron a aplicar estos principios para la reconstrucción mamaria. Posteriormente fueron Blondeel y Boeckx³⁰, Kroll³¹, Hamdi y cols.³² quienes popularizaron los colgajos de perforantes. Estos colgajos transportan únicamente piel y grasa, preservando el músculo y su inervación, con lo que se mantiene la estabilidad biomecánica y el balance muscular del tronco³³.

En la actualidad existen un gran número de colgajos de perforantes, pero los que se utilizan de forma más frecuente para reconstrucción mamaria por la cantidad de tejido que aportan son el colgajo DIEAP (Figura 2), el colgajo SGAP (Superior Gluteal Artery Perforator) (Figura 3), el colgajo SIEAP (Superficial Inferior Epigastric Artery Perforator) (Figura 4) y el colgajo ALT (Anterolateral Thigh) (Figura 5).

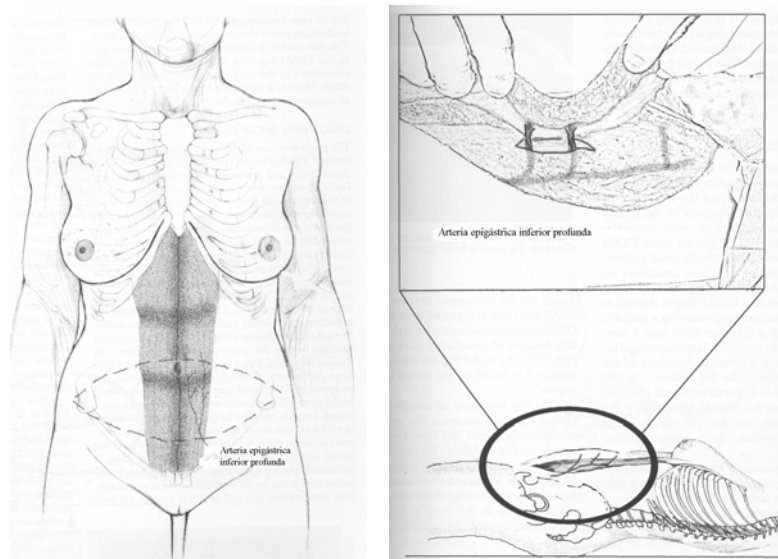
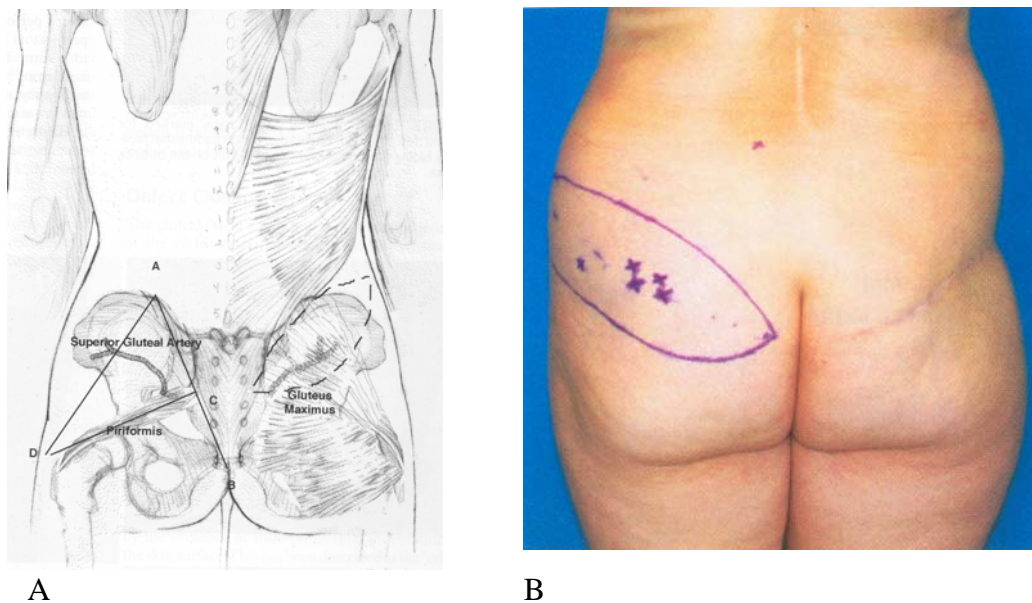


Figura 2. Diseño del colgajo DIEAP basado en las ramas perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda.

(Fuente: Ilustración original de Mathes SJ. Plastic Surgery. 2nd ed. China: Saunders Elsevier, 2006)



A

B

Figura 3. Colgajo SGAP. **A.** Ilustración de las relaciones anatómicas de la arteria glútea superior. La línea A-B une la espina ilíaca posterosuperior con el cóccix. La línea C-D se localiza creando un ángulo recto con el punto medio de la línea A-B y se dirige al trocánter mayor. Marca la posición del músculo piriforme. La línea A-D une la espina ilíaca posterosuperior con el trocánter mayor. La arteria glútea superior se localiza en el tercio proximal de esta línea.

B. Marcaje cutáneo de un colgajo SGAP izquierdo sobre una paciente.

(Fuente: Ilustración original de Granzow JW, y cols. J Surg Oncol 2006; 94:441-454)

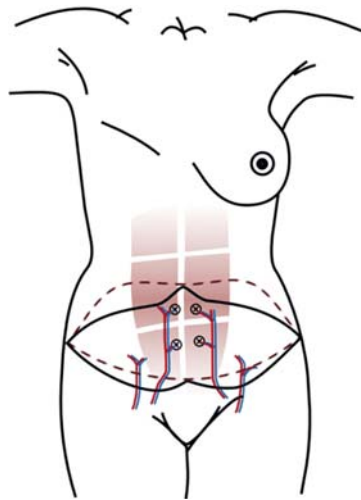


Figura 4. Diseño del colgajo SIEAP (en línea discontinua diseño del colgajo DIEAP clásico). Las líneas de incisión han de colocarse un poco más bajas cuando se quieren incluir en el colgajo los vasos del sistema epigástrico inferior superficial.

(Fuente: Ilustración original de Hamdi M, y cols. J Plast Reconstr Aesth Surg 2007; 60:904-912)

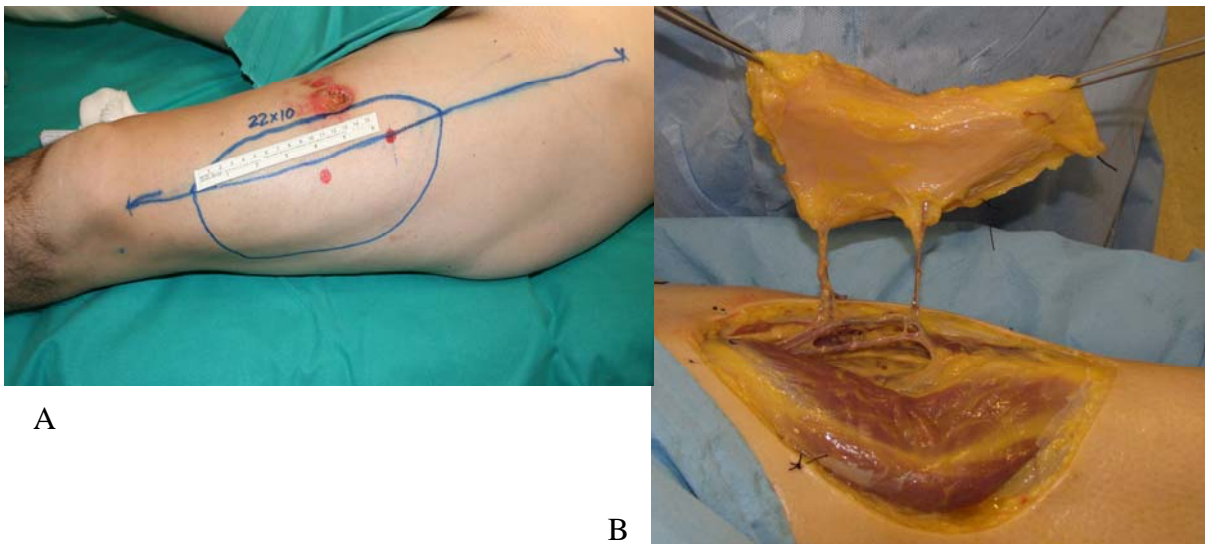


Figura 5. Colgajo ALT. **A.** Marcaje de la isla cutánea del colgajo. **B.** Elevación del colgajo basado en dos perforantes septocutáneas en disección de cadáver.

1.1.2. ANATOMÍA QUIRÚRGICA

Las pacientes candidatas a esta técnica son sometidas primero a una exploración física para determinar la cantidad requerida de piel y grasa abdominal. La elección de los vasos perforantes necesarios para nutrir el colgajo tiene una importancia capital con el fin de asegurar una completa y adecuada vascularización del tejido necesario para la reconstrucción. Esta decisión suele ser en cierto modo subjetiva y basada entre otros factores en la observación y experiencia clínica en función de la localización del vaso y del grosor del mismo, sin mucha evidencia objetiva sobre cual es la perforante que más contribuye a la perfusión del colgajo. En una serie de la literatura revisada, el 20% de los colgajos estaban basados en una sola perforante, el 50% en dos perforantes y el 30% en tres o más³⁴. En nuestra experiencia, la mayor parte de los colgajos DIEAP se basan en uno o dos vasos perforantes grandes. La supervivencia global del colgajo así como la morbilidad de la pared abdominal pueden mejorar de forma ostensible cuando se selecciona la perforante dominante.

Como el colgajo TRAM libre, el colgajo DIEAP está basado en la vena y la arteria epigástrica inferior profunda. Dos hileras de arterias y venas perforantes penetran por el músculo recto anterior a cada lado del abdomen proporcionando soporte sanguíneo a la piel y grasa suprayacente (Figura 6).

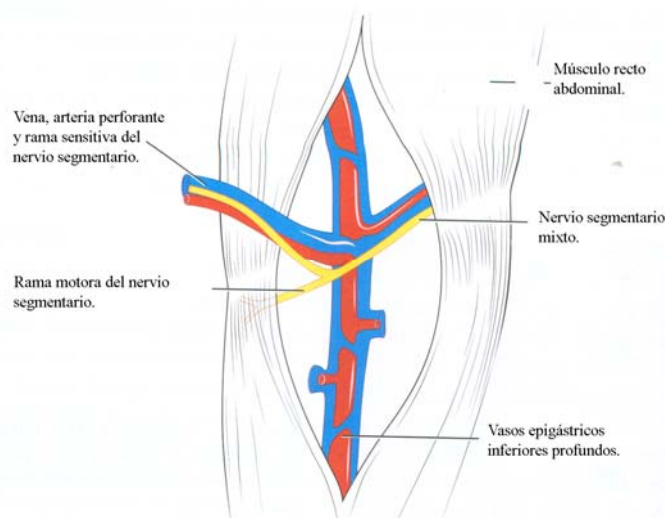


Figura 6. Esquema de una disección anatómica típica de una perforante lateral en un colgajo DIEAP.

(Fuente: Ilustración original de Blondeel PN. Perforator flaps.1st ed. St. Louis, Missouri: Quality Medical Publishing, Inc. 2006.)

La arteria epigástrica inferior profunda suele tener un diámetro de entre 2 y 3 mm y las venas acompañantes tienen un tamaño de entre 2 y 3,5 mm.

Los vasos receptores de elección, al igual que en el colgajo TRAM libre, suelen el eje de la arteria mamaria interna en el caso de reconstrucciones diferidas, ya que este sistema vascular sufre una menor afectación por parte de la radioterapia, permite una mejor colocación y adecuación del colgajo, y la situación del cirujano ayudante para la anastomosis microquirúrgica es más cómoda. En el caso de reconstrucciones inmediatas se suele emplear como receptor el eje vascular de la arteria toracodorsal ya que habitualmente se encuentra disecado tras la linfadenectomía axilar. Aún así, en pacientes con mamas grandes el pedículo toracodorsal puede ser poco adecuado para la anastomosis puesto que dificulta la colocación del colgajo DIEAP en una posición medial³⁵⁻³⁷.

Al contrario que un colgajo TRAM, en su disección no ha de sacrificarse músculo recto abdominal o fascia. En lugar de eso, los vasos perforantes que nutren la piel y la grasa abdominal se disecan cuidadosamente a través del recto anterior hasta su origen en los vasos epigástricos profundos inferiores. El músculo recto anterior del abdomen es separado de forma atraumática en la dirección de las fibras musculares durante la disección.

El cierre de la pared abdominal se realiza, generalmente, con una sutura continua de la vaina anterior del recto, sin colocar malla de polipropileno, a diferencia de lo que se hace en el TRAM libre. Este cierre es mucho más sencillo, no desplaza el ombligo y el riesgo de hernias y eventraciones es mínimo. En cuanto al cierre de la capa músculo-aponeurótica no existe un consenso claro. En series clínicas previas, la mayor parte de las técnicas descritas están dirigidas al cierre primario de la fascia del recto^{29,32,34,38-42}. En general, es preferible realizar una sutura continua abdominal mejor que una

aproximación de la vaina de los rectos ya que supone un menor riesgo de dehiscencia de sutura⁴³. La gran mayoría de estas pacientes presentan además algún grado de diástasis de los rectos anteriores que contribuye a la laxitud abdominal. Así, después de la sutura continua se debe realizar una plicatura media de los rectos abdominales desde la apófisis xifoides hasta el pubis. Los análisis del contorno abdominal demuestran que existe un beneficio estético derivado de la aplicación inmediata de estas técnicas de cierre⁴³.

1.1.3. SELECCIÓN DE PACIENTES

La mayor parte de las mujeres en que se ha llevado a cabo una mastectomía por cáncer de mama son posibles candidatas a un colgajo DIEAP. Además, este colgajo puede ser utilizado también en mujeres que requieran aporte de tejido mamario adicional para reconstrucción de defectos tales como la deficiencia mamaria congénita, una pérdida de volumen tras una mastectomía parcial o un aumento de mama con tejido autólogo⁴⁴. A la hora de plantear una reconstrucción microquirúrgica mediante colgajo DIEAP deben tenerse en cuenta el tamaño y el volumen de las mamas de la paciente, la cantidad y calidad de tejido abdominal disponible para la reconstrucción, el hábito tabáquico y los antecedentes médicos⁴⁵. La paciente ideal es una mujer joven y no fumadora; de complexión delgada o normal, sin diabetes mellitus o enfermedad cardiovascular (incluida la hipertensión arterial)⁴⁶.

El tabaco tiene una gran influencia en las necrosis del colgajo TRAM pediculado. Sin embargo, con el colgajo DIEAP no aumentan significativamente las tasas de complicaciones tempranas aunque sí las tardías, con un 13,5% de incidencia de necrosis grasa que aparece en mujeres fumadoras frente al 3% de las no fumadoras.

Además, el retraso en la cicatrización ocurre en el 9% de las fumadoras frente al 3% de las no fumadoras⁴⁷.

Son contraindicaciones consideradas como relativas para la reconstrucción mamaria mediante colgajos de perforantes abdominales la existencia de una abdominoplastia o liposucción abdominal previa. Aún así, existen algunos casos publicados de pacientes liposucionadas en las que se han realizado con éxito colgajos TRAM y DIEAP^{48,49}. La obesidad es una contraindicación relativa a los colgajos TRAM y DIEAP debido a mayores tasas de complicaciones de la zona donante, a pesar de que algunos autores argumentan que los colgajos DIEAP en este tipo de pacientes son seguros puesto que los vasos perforantes se encuentran, con frecuencia, hipertrofiados^{50,51}. Las incisiones previas en la línea media parecen tener poca importancia, aunque suponen una menor cantidad de tejido abdominal disponible para la reconstrucción ya que la circulación en el colgajo contralateral se ve disminuida por la fibrosis cicatricial. Arnez y Scamp⁵² fueron los primeros en describir el uso de colgajos TRAM libres bipediculados en reconstrucción mamaria unilateral de dos pacientes con cicatrices abdominales en la línea media. En algunos casos aislados, se ha descrito el diseño de colgajos DIEAP bilaterales en pacientes con cicatrices abdominales en la línea media^{30,53}. Se ha de tener especial cuidado en pacientes que presenten incisiones paramedianas y ostomías ya que las perforantes podrían encontrarse dañadas así como en aquellas pacientes apendicectomizadas. Existe un caso descrito donde el pedículo de la arteria epigástrica inferior de una paciente había sido dividido muchos años atrás durante su apendicectomía⁵⁴.

Santanelli y cols.⁵⁵ han publicado recientemente su experiencia preliminar en reconstrucción mamaria con el colgajo DIEAP vertical (VDIEAP), modificando el colgajo miocutáneo de recto abdominal vertical (VRAM), descrito por primera vez por

Mathes y Bostwick⁵⁶, de modo análogo a como Koshima y cols.²⁸ hicieron con el colgajo TRAM. Esta idea nació con el fin de aumentar las indicaciones de reconstrucción mamaria con tejido autólogo mediante colgajo DIEAP a pacientes con cicatrices abdominales y a aquellas en las que una sola mitad del abdomen no aporta suficiente tejido para la reconstrucción. Sus resultados preliminares confirman lo publicado por Moon y Taylor⁵⁷, y muestran que el colgajo de perforantes vertical se encuentra tan bien vascularizado como el transversal, con o sin cicatriz en la línea media. El colgajo DIEAP transversal, tal y como fue descrito por Dinner y cols.⁵⁸, comprende cuatro zonas vasculares con diferentes gradientes de perfusión, mientras que el VDIEAP toma tan sólo dos zonas. El diseño de un colgajo VDIEAP en pacientes con cicatrices xifo-púbicas ofrece la ventaja adicional de que no hay que realizar más cicatrices en la zona donante a la vez que el cierre de esa zona donante es más rápido y fácil con una disección limitada.

Es preferible demorar la reconstrucción, durante al menos 6 meses, en el caso de pacientes que van a recibir radioterapia. Aunque los colgajos de perforantes suelen tolerar bien la radiación, a largo plazo se obtienen resultados superiores en reconstrucciones posteriores a la radiación de la pared torácica. Esto permite que el colgajo no sufra los efectos lesivos de la radiación y que sea posible la sustitución de cualquier fragmento cutáneo de la pared torácica, adelgazado o alterado por la radiación, por tejido blando y piel abdominal sana⁵⁹.

Algunas pacientes presentan mayor cantidad de grasa en la región glútea que en la región abdominal. En este tipo de pacientes podría utilizarse un colgajo SGAP como primera elección para reconstrucción mamaria.

1.1.4. PLANIFICACIÓN PREQUIRÚRGICA.

Antes de utilizar colgajos cutáneos específicos, los cirujanos necesitan información precisa y detallada sobre la anatomía de los vasos cutáneos perforantes. Gracias al rápido desarrollo y aplicación de los colgajos de perforantes en cirugía plástica ha crecido el interés por conocer las bases anatómicas vasculares de los colgajos de perforantes actuales y potenciales.

Jean Riolan fue el primer anatomista que inyectó colorantes para demostrar la disposición y localización del entramado vascular⁶⁰. La inyección de tinta India se utilizó desde entonces en el estudio de los territorios vasculares cutáneos para la planificación de colgajos quirúrgicos⁶⁰⁻⁶⁴. Swammerdam inyectaba cera coloreada en arterias y venas. Disecaba entonces el espécimen y lo cubría con resina para facilitar el estudio de la vascularización. En 1895, Roentgen descubrió los rayos X y, unas semanas después de este descubrimiento, Haschek realizó el primer angiograma tras inyectar tiza en las arterias de una mano de cadáver. Berberich⁶⁰, en 1923, realizó una angiografía femoral por primera vez en un sujeto vivo con bromuro de estroncio. El sulfato de bario y el óxido de plomo son los más útiles de estos métodos de inyección.

El conocimiento sistemático de los vasos perforantes dominantes en el colgajo DIEAP es imposible debido a la gran variabilidad de los plexos vasculares entre individuos, e incluso entre los hemi abdómenes de la misma persona. Por lo tanto, no es fácil predecir cuantas perforantes existen, su calibre, por donde emergen a través de la fascia o cuál será su recorrido intramuscular. Una buena planificación prequirúrgica es muy valiosa para la mejora de la estrategia quirúrgica y para llevar a cabo procedimientos más seguros y rápidos.

Se han propugnado innumerables métodos para identificar el aporte vascular de los colgajos de perforantes, incluyendo el examen físico³¹, el Doppler manual

unidireccional^{54,65-67}, el Doppler color de flujo bidimensional⁶⁸⁻⁷², el Doppler de barrido láser⁷³, la termografía^{74,75}, las imágenes de Resonancia Magnética (RM)⁷⁶ y, recientemente, la Angio Tomografía Axial Computerizada (AngioTAC)^{77,78} y la Angio Resonancia Magnética (AngioRM)⁷⁹⁻⁸².

1.1.4.1. DOPPLER UNIDIRECCIONAL

Desde que se introdujo su empleo generalizado para la localización y mapeo de perforantes en los años 90, el Doppler unidireccional ha constituido la piedra angular de la planificación preoperatoria^{65,83}. Se trata de una herramienta rápida, manejable y barata para conocer tanto la posición como el flujo de las perforantes. Incluso en la era de los avances tecnológicos en las técnicas de imagen, la prueba del Doppler manual unidireccional continúa empleándose como un complemento a otras pruebas de imagen.

Aún así, tan sólo ofrece una cantidad limitada de información y no permite distinguir ramas perforantes de vasos axiales principales. Autores como Blondeel y cols.⁷⁰ y Giunta y cols.⁶⁶ han publicado una alta tasa de falsos positivos con esta herramienta. Puede dar lugar a falsos positivos en la localización de perforantes si los vasos axiales discurren de forma superficial, lo que resulta en una baja especificidad de esta técnica. Además, la ultrasonografía mediante Doppler puede llegar a ser demasiado sensible porque se detectan incluso los vasos diminutos que no tienen el calibre adecuado para nutrir un colgajo basado en perforantes^{66,70,84}. Si el recorrido de la perforante desde que emerge de la fascia muscular a la superficie cutánea no es perpendicular a la piel, la localización de la perforante mediante Doppler puede ser incorrecta.

La localización de perforantes sólo mediante Doppler unidireccional no se considera, por tanto, como suficiente para el mapeo de perforantes en la planificación

quirúrgica y no puede competir con la sensibilidad y los amplios espectros de información que se obtienen con los medios tecnológicos actuales^{70,71,85,86}.

1.1.4.2. DOPPLER COLOR DE FLUJO BIDIMENSIONAL

Las imágenes del Doppler color ofrecen mucha más información y han mostrado mejoras importantes sobre el Doppler unidireccional^{70,71}. El sistema de imágenes permite una buena evaluación de los vasos axiales principales, de sus ramas y de las perforantes. Además puede observarse directamente el calibre y las características hemodinámicas de las perforantes. Presenta una sensibilidad y un valor predictivo positivo altos y es muy precisa en la distinción entre arterias y venas, lo que convierte a esta técnica en una excelente herramienta diagnóstica en la planificación de los colgajos DIEAP^{70,82}. Ahora bien, el Doppler color presenta también una serie de inconvenientes: consume mucho tiempo al personal hospitalario y a menudo resulta incómoda para los pacientes al tener que permanecer en la misma posición cerca de una hora⁶⁸⁻⁷¹. Muestra una importante variabilidad entre observadores, requiere la presencia de personal altamente cualificado que conozca la cirugía de los colgajos de perforantes, y la información obtenida no se puede reproducir, por lo que el procedimiento tiene que ser repetido por el radiólogo.

El Doppler de barrido láser no parece una técnica útil en la actualidad para la práctica clínica habitual dada su escasa disponibilidad⁷³.

1.1.4.3. TERMOGRAFÍA

Aunque la termografía mediante infrarrojos ya ha sido utilizada en la localización de perforantes en el colgajo TRAM libre⁸⁷, no existen estudios que confirmen si es posible aplicar este método para evaluar el calibre de cada perforante. Kalra y cols.⁷⁵ han

llevado a cabo un estudio piloto publicado recientemente con una cámara de infrarrojos de segunda generación con el fin de evaluar de forma objetiva la fuerza de perfusión de los diferentes vasos perforantes.

1.1.4.4. ANGIO TOMOGRAFÍA COMPUTERIZADA

Las técnicas de imagen intravascular como el AngioTAC se basan en una opacificación óptima del vaso en el momento de la adquisición de la imagen. La cantidad de aumento del contraste es proporcional al volumen administrado y a la cantidad de yodo depositado en los órganos diana o al volumen sanguíneo intravascular. Existe una relación lineal entre la concentración de yodo y la atenuación de los rayos X: cuanto mayor es el flujo de yodo, mayor es la opacificación arterial. El flujo de yodo se puede incrementar elevando la concentración de yodo o la cantidad inyectada, y los protocolos con altos flujos de yodo son recomendables en los TAC dinámicos tales como el AngioTAC o el TAC de perfusión⁸⁸.

Con los TAC multicorte los tiempos de adquisición de imágenes están disminuidos, y resulta más difícil administrar una cantidad adecuada de yodo para conseguir una buena opacificación vascular. Tanto la cantidad inyectada como la concentración media de contraste deben ser incrementadas para evitar retrasos en la adquisición de imágenes. Los protocolos de inyección bifásica de la concentración media de contraste con una gran cantidad de yodo inyectada inicialmente seguida de una inyección más lenta pueden proporcionar una opacificación arterial homogénea en el tiempo cuando se requieran tiempos de adquisición de imágenes más largos en el TAC⁸⁸.

En las últimas dos décadas, el uso de los TAC se ha incrementado en un 800%. Durante este período, la evolución de las concentraciones medias de contraste se ha

dirigido a minimizar los posibles efectos adversos eliminando la ionicidad, incrementando la hidrofilia, disminuyendo la osmolaridad y aumentando el número de átomos de yodo por molécula⁸⁸. Los protocolos de escaneado son un tema de discusión en la actualidad, y se han descritos dos modos de escaneado. Ambos utilizan una técnica de seguimiento para identificar el llenado correcto del vaso por los medios de contraste como una señal para iniciar el escaneado. La primera técnica, después de identificar el llenado de los vasos con contraste, utiliza un modo de retraso temporal antes de escanear, creando así una fase de escaneado de las venas de tal forma que puede lograr un llenado máximo tanto de las perforantes arteriales como de las venas. Cuando se utiliza un escáner multicorte de cuatro coronas, este retraso suele ser de unos 30 segundos, y cuando se emplea un escáner de 64 coronas la interfase de retraso es de aproximadamente 50 segundos. Los beneficios de esta técnica es que permite un escaneado tanto de arterias como de venas, algo esencial para completar una buena planificación preoperatoria.

El segundo método de escaneado no utiliza ningún retraso una vez que el contraste ha llegado a los vasos adecuados, tan sólo el retraso mínimo de cada escáner en particular (que suele ser de unos cuatro segundos aproximadamente). Se obtiene así una fase arterial pura que permite una mayor precisión en el mapeo de perforantes arteriales y en la visualización del sistema epigástrico superficial, pero no permite una buena apreciación del sistema venoso.

Otro tema de discusión en el proceso de escaneado es el rango o extensión del mismo. La mayor parte de los centros limitan el rango de escaneado a los orígenes de las arterias epigástrica inferior profunda y superficial en la femoral común como límite inferior, y una distancia de unos dos a cuatro cm sobre el ombligo de la paciente como límite superior.

Los AngioTAC tridimensionales (3D) de alta definición han demostrado ser una herramienta clínicamente eficaz en neurocirugía⁸⁹, donde un diagnóstico preciso de aneurisma cerebral y una planificación quirúrgica compleja son de suma importancia para la mejora de los resultados clínicos. Los cardiólogos y los cirujanos cardíacos utilizan AngioTAC 3D para evaluar la enfermedad coronaria⁹⁰, y los cirujanos generales planifican trasplantes renales de pacientes vivos⁹¹. La alta resolución espacial y temporal que se logra con el AngioTAC permite realizar una descripción detallada del origen, trayecto y relaciones de los vasos de pequeño calibre.

Durante el año 2005 Alonso-Burgos y cols.⁷⁸ realizaron 6 reconstrucciones mamarias post-mastectomía consecutivas con colgajo DIEAP, cuatro de las cuales fueron inmediatas. De forma preoperatoria se les realizó un AngioTAC para la planificación quirúrgica y la selección de la perforante dominante. Según Giunta y cols.⁶⁶, una arteria perforante con un patrón de penetración perpendicular en la fascia, y un mínimo recorrido intramuscular se considera la idónea para la disección y la anastomosis microquirúrgica. Tomando como posición central de referencia el ombligo, se señalaba en la superficie cutánea del modelo 3D reconstruido, la localización exacta y recorrido de las perforantes arteriales y el punto en el que emergían a través de la fascia, grabándose la imagen en formato JPEG (Join Photograph Expert Group) en una memoria portátil USB (Universal Serial Bus). Esa imagen se proyectaba en quirófano en un ordenador portátil. En el momento de la intervención el cirujano marcaba la localización descrita en la piel del paciente con ayuda de una regla. Los autores refirieron una concordancia satisfactoria entre los hallazgos quirúrgicos y las imágenes del TAC. No hallaron ningún vaso durante la intervención quirúrgica ausente en la reconstrucción tridimensional⁷⁸.

Masiá y cols.⁷⁷ llevaron a cabo 66 casos de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP realizando una planificación prequirúrgica mediante el AngioTAC multicorte para identificación de perforantes. En los últimos 30 de estos casos disecaron la perforante dominante directamente sin necesidad de perder tiempo en la tediosa tarea de identificar y disecar todas las perforantes del colgajo. En todos los casos compararon los hallazgos intraoperatorios, la reconstrucción tridimensional del abdomen realizada a partir del TAC-multicorte y la identificación mediante Doppler de las perforantes. Sus datos demostraron que la mejora de la planificación prequirúrgica mediante la identificación de la posición tridimensional de la perforante dominante del colgajo reduce tanto el tiempo quirúrgico (con una media de una hora y 40 minutos) como la tensión del cirujano al tomar la decisión intraoperatoria de seleccionar la mejor perforante en cuanto a calibre y posición⁷⁷. Como resultado de todo esto, se ahorra un tiempo muy preciado de cirugía ya que no es necesario llevar a cabo una exploración de todas las perforantes. Además, la planificación prequirúrgica garantiza que no se pierda ninguna de las perforantes de alto flujo que pueda estar en la línea media del abdomen. Asimismo, estos autores refieren una reducción en la necrosis grasa y en la pérdida parcial del colgajo ya que el tamaño y la forma del colgajo pueden planificarse utilizando el tejido mejor vascularizado por la perforante dominante⁷⁷.

Durante los tres últimos años, en el Johns Hopkins Hospital Avon Foundation Breast Cancer, Rosson y cols.⁹² han realizado reconstrucciones mamarias con colgajos DIEAP tras mastectomías dividiendo a las pacientes en dos grupos: aquellas cuya planificación quirúrgica se hizo sin AngioTAC 3D y aquellas a las que se realizó un AngioTAC 3D de alta resolución previamente a la intervención. De las 17 pacientes de este último grupo, a dos se les realizó finalmente un colgajo SIEAP en lugar de un DIEAP en función de los hallazgos del AngioTAC. Cuando la arteria epigástrica

inferior superficial es de mayor calibre que las perforantes abdominales DIEAP, el cirujano puede planificar la intervención utilizando el sistema superficial para el diseño del colgajo. En su serie refieren que todas las perforantes detectadas de forma preoperatoria con un calibre mayor o igual a 1 mm fueron identificadas durante la disección del colgajo en quirófano, demostrando un alto nivel de reproducibilidad clínica⁹².

Rozen y cols.⁸⁶ abordaron un estudio en el que comparaban la localización de ramas perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda mediante el Doppler de ultrasonidos y el AngioTAC de la pared abdominal. En su estudio de diez pacientes planificadas de forma consecutiva para cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP, refieren que los ultrasonidos son menos significativos que el AngioTAC abdominal en la identificación de las ramas principales y perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda, en la visualización del sistema superficial de la arteria epigástrica inferior y en las posibilidades de interaccionar con la imagen durante la intervención quirúrgica. Encontraron también una mayor congruencia entre los hallazgos intraoperatorios y el AngioTAC que con los ultrasonidos⁸⁶.

Con el fin de determinar la precisión del AngioTAC, Rozen y cols.⁹³⁻⁹⁶ han diseñado una serie de estudios clínicos y en cadáveres para comparar los hallazgos de las técnicas de imagen con la disección y los hallazgos operatorios. Inyectaron contraste radiológico en la arteria epigástrica inferior de diez hemiabdomenes de cadáver sobre los que llevaron a cabo una disección posterior. Sus hallazgos indican que de 154 perforantes que se vieron en el AngioTAC, ocho resultaron ser falsos positivos y seis falsos negativos, todos en perforantes de menos de 1 mm y con un 100% de concordancia en las perforantes mayores de 1 mm. Así, para perforantes grandes, calcularon una sensibilidad del AngioTAC en cadáver del 100% y un valor predictivo

positivo del 100%. Repitieron después este mismo estudio en el ámbito clínico, comparando los hallazgos de 42 pacientes quirúrgicas consecutivas con los hallazgos intraoperatorios. De 160 perforantes mayores de 1 mm que se vieron en el AngioTAC, hallaron un falso positivo y un falso negativo, estableciendo por tanto la sensibilidad total del AngioTAC en 99,6% y el valor predictivo positivo para el mapeo de perforantes en 99,6%. Posteriormente, llevaron a cabo un estudio prospectivo con 110 pacientes que se sometieron a intervención quirúrgica para reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP de forma consecutiva y concluyeron que el AngioTAC mantenía el alto nivel de precisión indicado^{82,95,96}.

El AngioTAC se ha convertido, por lo tanto, en la técnica “gold standard” para la planificación prequirúrgica^{77,78,86,92,95-98}. Además de proporcionar una identificación precisa de la localización exacta de las perforantes, el AngioTAC puede mostrar el calibre y el recorrido de la arteria epigástrica inferior profunda y de todas sus ramas, puede facilitar imágenes 3D del curso que siguen las perforantes tanto en su recorrido intramuscular como subfascial y subcutáneo, permite hacernos una idea sobre la competencia de la pared muscular y las capas de fascia de la pared abdominal, y facilita también información sobre el sistema epigástrico superficial y otros vasos adyacentes⁹⁸⁻¹⁰⁰. Esto es especialmente útil en los casos de reconstrucción mamaria bilateral donde la morbilidad de la zona donante puede ocasionar muchas preocupaciones y donde la selección de la perforante ideal se puede hacer de forma preoperatoria, evitando las disecciones intramusculares largas y el daño potencial al músculo.

La planificación prequirúrgica a partir del AngioTAC permite un estudio de la zona donante muy fácil de interpretar, no sólo por el radiólogo sino por el cirujano plástico ya que proporciona imágenes anatómicas. Para lograr unas buenas imágenes preoperatorias es necesario realizar reconstrucciones 3D, a través de un software de

ordenador que posibilita reconstrucciones multiplanares. Las técnicas de amplificación del volumen y de proyección de máxima intensidad son las que se utilizan normalmente para este propósito y se pueden obtener en el mercado actual, a través de una amplia variedad de programas de software comercializados por distintas compañías⁹⁸. La obtención de imágenes 3D a partir de estos programas permite realizar una disección anatómica virtual en el ordenador, al tratarse de reconstrucciones anatómicas. Los datos se almacenan en un CD-ROM (Compact Disc-Read Only Memory) que puede utilizarse fácilmente en cualquier ordenador estándar y permite ser revisado tantas veces como sea necesario.

El AngioTAC abdominal es una técnica muy bien tolerada por los pacientes porque es rápida y simple. Se encuentra disponible en muchos centros, es relativamente barata, tiene unos tiempos de escaneado muy rápidos (segundos) y una baja variabilidad entre observadores. Aunque la principal limitación continúa siendo la disponibilidad del escáner y el software asociado, no parece que sea un problema muy importante para la mayor parte de los centros. Se pueden lograr imágenes de alta calidad con una amplia variedad de escáneres (de 4 a 64 coronas)⁸². Las únicas contraindicaciones para la realización de un AngioTAC parecen ser una severa claustrofobia (aunque los tiempos de escaneado sean duran tan sólo unos segundos), sensibilidad a los contrastes intravenosos o enfermedad renal grave.

Las mayores desventajas que presenta son el coste, el tiempo necesario para llevar a cabo la reconstrucción tridimensional (en el grupo de Alonso-Burgos y cols.⁷⁸ es de unos 30 minutos aproximadamente) y la radiación⁷⁸. Al contrario que las otras modalidades de mapeo de perforantes descritas anteriormente, el AngioTAC se asocia con una exposición a la radiación que, aunque debe ser tomada en cuenta, no es tan importante como se pensó en un principio. La dosis de radiación que refieren Masiá y

cols.⁷⁷ es de 5,6 mSv, y Rozen y cols.⁸² la estiman como menor de 6 mSv, cantidad menor que la utilizada para un enema opaco o un TAC abdominal convencional. Con los beneficios tan importantes que supone, poco debería preocupar el grado de exposición a la radiación. Aún así, es importante limitar el rango de escaneado y, si se va a realizar un AngioTAC del abdomen y tórax, debe tenerse en cuenta que la exposición a la radiación aumenta hasta casi tres veces la dosis normal descrita anteriormente.

La cantidad de tiempo que se ahorra en el quirófano debe equilibrarse con el coste extra que supone realizar este tipo de planificación quirúrgica. La evaluación de las imágenes y la cooperación entre el radiólogo y el cirujano plástico es básica para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP, no solo para evaluar, seleccionar y marcar los vasos sino también para que el cirujano pueda realizar las reconstrucciones tridimensionales de una manera más rápida y útil.

1.1.4.5. ANGIO RESONANCIA MAGNÉTICA

Las imágenes de RM, sin contraste intravenoso, también se han utilizado en el pasado para detectar perforantes abdominales aunque su alto coste y su ciclo de escaneado lento hacen esta técnica poco práctica⁷⁶.

A la luz de los estudios recientes sobre AngioRM, la posibilidad de utilizar técnicas de AngioRM para el mapeo de perforantes se ha convertido en una realidad. Se han comenzado ya a realizar estudios con esta técnica y, aunque los resultados todavía no alcanzan la precisión ni la resolución del AngioTAC, las conclusiones preliminares apuntan hacia el potencial uso clínico de la AngioRM^{80,82,101}. Su principal beneficio es la ausencia de radiaciones ionizantes, y como tal rivaliza de forma significativa con los ultrasonidos. Presenta importantes beneficios frente a los ultrasonidos como son una

mayor resolución, el potencial para obtener mayor precisión, menor variabilidad entre observadores, y la posibilidad de abarcar un amplio espectro de información anatómica. Sin embargo, al contrario que los ultrasonidos, la AngioRM es una técnica cara, con escasa disponibilidad, precisa de la inyección de contrastes intravenosos y puede provocar claustrofobia.

Con el desarrollo de futuras mejoras en esta técnica es posible que la AngioRM se convierta en un importante rival frente al Doppler color, especialmente en aquellos pacientes que deseen evitar la exposición a radiaciones. El interés internacional en esta técnica está creciendo, con la celebración reciente de conferencias internacionales que sugieren que las imágenes de AngioRM pueden mejorar con la aplicación de nuevos contrastes, nuevos protocolos de escaneado y escáneres de mayor resolución¹⁰²⁻¹⁰⁴.

Por último cabe reseñar que, a pesar de todos los esfuerzos, existen ciertas características anatómicas y funcionales del colgajo (vascularización, morbilidad de la zona donante o receptora), aspectos relacionados con el paciente (comorbilidad) y otras consideraciones (edad del paciente, experiencia médica e infraestructuras) que pueden invalidar la estrategia más sofisticada diseñada para obtener los mejores resultados.

1.1.5. COMPLICACIONES

El colgajo DIEAP es la elección preferida por muchos cirujanos en la reconstrucción mamaria con tejido autólogo, ya sea inmediata o diferida, particularmente cuando se lleva a cabo una reconstrucción bilateral¹⁰⁵. Son muchos los cirujanos que han preconizado el uso del colgajo DIEAP frente a los colgajos TRAM libres o pediculados^{34,39-51,106,107}. Se trata de un colgajo fiable, con tasas de éxito publicadas del 95 al 99,5% según las series^{34,45,50,51}. Las tasas publicadas de pérdida parcial y total del colgajo DIEAP oscilan entre el 2,5%-8,7% de los casos según las series y el 0,5%-5%,

respectivamente^{31,34,42,51,107-111}. Las cifras descritas de pérdida parcial y total del colgajo TRAM libre varían entre el 2,2%-7% y el 0,3%-3,5%, respectivamente^{31,42,110,112,113}. La tasa de necrosis grasa oscila entre el 6% y el 12,9%^{32,34,51,109}, con una comparativa favorable a las cifras del colgajo TRAM libre o pediculado (Tabla 1).

Autor	Año	Colgajo. (Nº casos)	Pérdida total (%)	Pérdida parcial (%)	Necrosis grasa (%)
Blondeel ⁵¹	1999	DIEAP unilateral (74)	2,7	9,5	0,12
		DIEAP bilateral (26)	0	0	0
Hamdi y cols. ³²	1999	DIEAP (50)	2	6	6
Kroll ³¹	2000	TRAM libre (279)	ND	2,2	12,9
		DIEAP (31)	ND	16,1	29
Nahabedian y cols. ⁴⁵	2002	TRAM libre (49)	10,2	0	28,6
		DIEAP (11)	9,1	0	18,2
Gill y cols. ³⁴	2004	DIEAP (758)	0,5	2,5	12,9
Mehrara y cols. ¹¹³	2006	TRAM libre (978)	0,3	2,7	NA
Scheer y cols. ¹¹¹	2006	DIEAP unilateral (52)	5,8	0	46,1
		DIEAP bilateral (32)	6,25	3,1	37,5
		TRAM libre unilateral (34)	2,95	8,8	11,8
		TRAM libre bilateral (12)	8,3	0	0

ND: No disponible

Tabla 1. Revisión de la literatura. Complicaciones colgajo TRAM versus DIEAP.

La mayor barrera a la hora de utilizar un colgajo DIEAP para reconstrucción mamaria con tejido autólogo es la falta de confianza en proporcionar un aporte sanguíneo adecuado a un colgajo con gran cantidad de tejido usando tan solo una perforante, con vasos que pueden tener un diámetro de 1 mm o menos¹¹⁴. Con un descenso teórico en el aporte sanguíneo del colgajo DIEAP con respecto al TRAM,

cabría esperar un aumento de las complicaciones, como mayores pérdidas parciales o totales del colgajo, congestión venosa y necrosis grasa¹¹⁰. De hecho, en el año 2000, Kroll³¹ publicó una serie de 310 reconstrucciones mamarias llevadas a cabo por un solo cirujano en las que describía una mayor tasa de pérdida parcial y necrosis grasa en los colgajos DIEAP con respecto a los TRAM libres, particularmente en los primeros casos. También en el año 2000, Blondeel y cols.¹¹⁵ describieron la incidencia de congestión venosa y pérdida total del colgajo en 511 reconstrucciones mamarias. En este estudio la gran mayoría de colgajos DIEAP fueron realizados en una institución (Gent, Bélgica) y todos los colgajos TRAM, tanto libres como pediculados, fueron realizados en otra (Houston, Texas), por lo que las comparaciones directas en cuanto a tasas de pérdida total de los colgajos son difíciles de evaluar. Además, en el artículo no se encuentran reflejadas las tasas de pérdida parcial del colgajo, la incidencia de necrosis grasa ni las complicaciones de la herida quirúrgica¹¹⁵.

La utilización del colgajo DIEAP provoca un menor impacto en la zona donante abdominal y reduce, por tanto, la morbilidad de la zona donante^{39,116,117}. Es el sacrificio muscular que se lleva a cabo en los colgajos TRAM pediculados el responsable de la asimetría abdominal, el dolor y la incapacidad total o parcial en las actividades diarias, el trabajo y la práctica deportiva^{34,116-119}. La tasa de herniación abdominal descrita tras levantar un colgajo DIEAP es del 0,7%³⁴, y del 2,1% en los casos bilaterales¹⁰⁵. Estas cifras disminuyen de forma ostensible las tasas de herniación obtenidas tras realizar un colgajo TRAM, cifradas en un 15% de los casos¹²⁰. A pesar de estas cifras, existen múltiples estudios comparativos publicados que, si bien no han sido capaces de demostrar definitivamente una reducción en la incidencia de morbilidad de la pared abdominal con respecto a las hernias, flacidez abdominal o resultado funcional^{39,116,121,122}, el dolor postoperatorio y la estancia hospitalaria sí demuestran que

son menores en aquellas pacientes reconstruidas con DIEAP que con colgajo TRAM libre o pediculado^{50,123-126}. Además, tras el diseño del colgajo DIEAP no es preciso el uso de una malla abdominal para el cierre fascial mientras que esta malla resulta necesaria tras un colgajo TRAM, particularmente en los casos bilaterales⁴⁷. Mizgala y cols.¹²⁷ demostraron que la morbilidad de la pared abdominal anterior es directamente proporcional a la cantidad de músculo recto eliminado durante el proceso.

El colgajo DIEAP, con un daño muscular limitado, aporta mejores resultados estéticos y funcionales en la zona donante^{47,121,122,128}. Blondeel y cols.³⁹ demostraron que, utilizando parámetros de medida objetivos en pacientes al menos un año después de la cirugía, la fuerza en los movimientos de flexión y rotación abdominal se encontraba disminuida de forma significativa en aquellas pacientes sometidas a reconstrucción mamaria con colgajo TRAM libre con respecto a las que habían sido reconstruidas con colgajo DIEAP. Sin embargo, en el mismo estudio se realizó un cuestionario postoperatorio entre las pacientes que no mostró diferencias significativas entre los dos grupos en términos de limitación funcional subjetiva de las actividades diarias. En el año 2007, Schaverien y cols.¹²⁹ llevaron a cabo un estudio de similares características, comparando 30 pacientes con colgajos DIEAP frente a otras 30 con colgajos TRAM libre. Los resultados obtenidos apoyan los datos obtenidos por Blondeel y cols., no encontrándose diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la habilidad para llevar a cabo actividades cotidianas. No se hallaron, además, diferencias en cuanto a la capacidad para realizar su actividad laboral previa, a pesar de que un 5% de las pacientes del grupo reconstruido mediante TRAM libre y ninguna paciente del grupo de los DIEAP manifestaran haber tenido que abandonar su trabajo debido a una debilidad de la pared muscular. La mayor limitación de ambos estudios es el tiempo transcurrido desde la cirugía en ambos grupos, lo que puede conducir a

errores. En el estudio de Blondeel y cols.³⁹, el tiempo medio desde la cirugía fue de 32,1 meses en el grupo TRAM y de 17,8 meses en el grupo DIEAP. Schaverien y cols.¹²⁹ presentaron resultados 23 meses después de la cirugía en el grupo de pacientes reconstruidas con TRAM libre y 14 meses después en el grupo con colgajos DIEAP.

En un estudio reciente realizado en el M. D. Anderson Cancer Center se compara la morbilidad de la zona donante y los resultados funcionales en 35 pacientes con reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP frente a 124 pacientes con colgajo MS(muscle-sparing)-TRAM libre¹³⁰. Los autores describen que no existen diferencias en cuanto a la morbilidad de la zona donante entre ambos colgajos, y recomiendan el empleo del colgajo DIEAP cuando una o más perforantes atraviesan el mismo septo intermuscular, y un colgajo MS-TRAM cuando dos o más emergen de diferentes septos intermusculares. Aunque no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos en términos de reintervenciones de emergencia, pérdida parcial del colgajo o necrosis grasa, describieron una tendencia ($p = 0,06$) hacia una mayor pérdida total del colgajo en el grupo de los DIEAP, que no aparece descrita en ningún otro artículo¹³⁰.

A pesar de todas estas ventajas, el colgajo DIEAP precisa una disección vascular con una curva de aprendizaje larga y un mayor riesgo de causar lesiones en el pedículo vascular. Son muchos los artículos publicados que hablan del valor de este colgajo a la hora de limitar la morbilidad de la pared abdominal^{34,39,41,116}. Ahora bien, es precisamente esa limitación de la morbilidad en la zona donante la que podría afectar la circulación del colgajo en ocasiones. Como ya hemos indicado anteriormente, las tasas de necrosis grasa del colgajo DIEAP son mayores que las del TRAM libre^{31,34,42,51,131,132}, lo que podría estar causado por alteraciones en el retorno venoso. Estos problemas venosos se encuentran documentados en algunos artículos¹³²⁻¹³⁴. El

drenaje venoso del colgajo DIEAP depende solamente de las colaterales venosas entre el sistema venoso superficial del tejido subcutáneo y las venas perforantes profundas seleccionadas que drenan a la vena epigástrica inferior profunda. La red venosa intramuscular no está presente en el colgajo DIEAP. La comunicación anatómica entre el DIEAP y la vena epigástrica superficial puede ser inadecuada, especialmente si la vena epigástrica superficial tiene un calibre mayor o igual 1,5 mm¹¹⁵. Si las colaterales venosas determinadas por la anatomía de la paciente son escasas en el interior del tejido subcutáneo, puede tener lugar la congestión venosa tanto en la zona receptora como en el abdomen. En general, si la vena epigástrica superficial es mayor o igual a 1,5 mm y si la arteria epigástrica superficial inferior existe y es mayor o igual a 1 mm, el sistema vascular superficial es dominante en ese colgajo y debería considerarse el diseño de un colgajo SIEAP. Por el contrario, si la vena epigástrica superficial es pequeña o no existe arteria epigástrica superficial inferior, el sistema vascular profundo es el dominante.

Fueron Carramenha y Costa¹³⁵ quienes demostraron la relación existente entre el sistema venoso profundo y el superficial, que es fundamental para la comprensión del drenaje venoso del colgajo DIEAP. Taylor y cols.¹³⁶ han discutido el papel del sistema venoso superficial y del plexo venoso en la encrucijada existente a la altura de la línea media. Cuando se levanta el colgajo, se ligan ambas venas epigástricas superficiales y todo el drenaje venoso del colgajo se distribuye al sistema profundo por venas perforantes concomitantes más pequeñas^{136,137}. Wechselberg y cols.¹³³ sugieren que las complicaciones venosas podrían deberse a estas perforantes venosas concomitantes pequeñas o dañadas. La existencia de conexiones variables entre el sistema venoso del colgajo y el sistema venoso profundo, podrían provocar una mala adecuación de la vena perforante en el drenaje del colgajo.

Existen muchos artículos que describen la anatomía venosa y arterial de la región inferior de la pared abdominal^{61,115,133,135-140} y se han llevado a cabo evaluaciones hemodinámicas en colgajos TRAM libres^{137,140-144}. En cambio hay poca literatura publicada sobre la microcirculación y los factores hemodinámicos del colgajo DIEAP¹⁴⁵. La congestión venosa puede llegar a ser problemática en este colgajo; por lo tanto, en algunos casos, es necesaria una cuidadosa disección de la vena epigástrica inferior superficial para un drenaje venoso adicional^{31,42,47,115}.

El uso del colgajo DIEAP para la reconstrucción mamaria requiere un hospital con las infraestructuras adecuadas para proporcionar los cuidados necesarios a este tipo de pacientes, y cirujanos dotados de unas habilidades microquirúrgicas. En las primeras intervenciones cabe esperar un aumento del tiempo operatorio debido a las disecciones de las perforantes. Aún así, con experiencia, los tiempos operatorios no suelen ser mucho mayores que en la disección de colgajos TRAM libres y el procedimiento ha demostrado ser un método de reconstrucción coste-efectivo¹²⁶.

El colgajo DIEAP ha reducido, pero no ha eliminado por completo, las complicaciones derivadas de la zona donante. Gill y cols.³⁴ recogen una tasa de complicaciones generales de la zona donante de 13,6% en una serie de 758 colgajos DIEAP realizados a lo largo de 10 años. Aunque la mayoría de estas complicaciones consiste en dehiscencias de la sutura abdominal, la incidencia total de hernia abdominal fue del 0,7%. La incidencia de complicaciones es significativamente más elevada entre aquellas pacientes que fuman activamente, padecen hipertensión arterial o son sometidas a radioterapia postoperatoria^{34,47,146}. Por esta razón, se recomienda no realizar reconstrucciones con este tipo de colgajos en pacientes fumadoras y retrasar la cirugía hasta haber completado los ciclos de radioterapia postoperatoria.

La disección de la perforante epigástrica inferior profunda es el procedimiento más difícil y el que más tiempo consume en la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Por ello, es importante determinar preoperatoriamente el lugar por el que las mayores perforante emergen a través de los rectos en el área periumbilical. Estudios anatómicos determinan que la hilera de perforantes más laterales presenta un trayecto intramuscular rectilíneo y más corto que el de las perforantes de la hilera medial¹⁴⁷.

En general, una perforante de gran calibre puede vascularizar el colgajo completo, mientras que la disección de múltiples perforantes, aunque podría proporcionar una mejor vascularización, causa un daño mayor en el músculo recto abdominal y el corte inevitable de los nervios intercostales entre las perforantes, lo que puede provocar una atrofia muscular por denervación. Blondeel⁵¹ determina que cualquiera que sea el número de perforantes del colgajo DIEAP seleccionadas, no puede asegurar la nutrición suficiente en el colgajo contralateral puesto que el patrón de vascularización del colgajo contralateral es randomizado, incluso en el caso del colgajo TRAM libre. Por tanto, es preferible realizar un colgajo DIEAP bipediculado para asegurar el aporte sanguíneo en la zona IV del colgajo en el caso de precisar un colgajo grande. La disección de los vasos bipediculados es más tediosa y supone un mayor tiempo quirúrgico provocando más agresiones a la pared abdominal. Sin embargo, en un estudio diseñado al respecto, no se observó mayor tasa de complicaciones ni de disfunción de la pared abdominal durante el seguimiento de los colgajos DIEAP bipediculados con respecto a los DIEAP unilaterales¹⁴⁸.

La recuperación espontánea de la sensibilidad puede ocurrir después de implantes de tejido autólogo, lo que se considera debido al crecimiento de las ramas nerviosas sensitivas desde los bordes de la herida o desde estructuras más profundas, y

es el resultado de la regeneración nerviosa^{149,150}. Lehmann¹⁵¹ ha estudiado el nivel de recuperación sensitiva en mamas reconstruidas con colgajo TRAM y confirmado que se puede recuperar la sensibilidad espontáneamente, pero el nivel sensitivo alcanzado es pobre e inestable. Frecuentemente, la mayor parte de las pacientes reconstruidas con colgajo DIEAP recobra la sensibilidad espontáneamente; sin embargo, los niveles sensitivos son bajos y la recuperación es variable e imprevisible. Blondeel¹⁵² ha llevado a cabo intentos de realizar una sutura nerviosa entre dos nervios sensitivos puros conectando la rama sensitiva del décimo o decimoprimer nervio intercostal con el brazo anterior de la rama lateral del cuarto nervio intercostal, lo que incrementa de forma significativa la cantidad y calidad de la sensibilidad recuperada, comparada con las técnicas reconstructivas con tejido autólogo sin sutura nerviosa. A pesar de que para confirmar estos hallazgos hace falta un mayor número de casos, de estudios de casos y de controles y seguimientos a largo plazo, se prevé una mejoría evidente en las técnicas de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP mediante la sutura nerviosa^{153,154}.

Estos conceptos continúan, aún hoy en día, siendo objeto de controversia en la literatura, con un amplio rango de estudios que demuestran resultados diversos. Se requiere un mayor número de investigaciones para conocer detalladamente el comportamiento circulatorio de estos colgajos, pero el colgajo DIEAP continúa siendo el “gold standard” en la reconstrucción mamaria debido a su excelente resultado estético perdurable en el tiempo, la morbilidad limitada en la zona donante y un menor número de complicaciones lo que ayuda, en definitiva, a recuperar rápidamente el defecto físico y la autoestima perdidas tras el cáncer de mama.

1.1.6. PROTOCOLOS DE RECONSTRUCCIÓN MAMARIA POSTMASTECTOMÍA

La reconstrucción postmastectomía (RPM) está incluida en el tratamiento de las pacientes con indicación de mastectomía en la mayoría de los documentos, directrices y recomendaciones sobre la terapia del cáncer de mama^{155,156}.

En Agosto de 2007 se publicó la “Guía de buena práctica en cirugía oncoplástica de la mama” que recoge de manera amplia los distintos aspectos de la RPM¹⁵⁷. Tras este documento tuvo lugar en Valencia, en Septiembre de ese mismo año, una Conferencia de Consenso auspiciada por la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria con la participación de todos los especialistas implicados en el proceso de reconstrucción mamaria (oncólogos radioterápicos, cirujanos generales, ginecólogos, radiólogos, psicólogos, oncólogos y cirujanos plásticos), en la que se elaboró un Documento de Consenso. Es este Documento el que se aplica y sirve de base para el protocolo de reconstrucción mamaria que se utiliza en todas aquellas mujeres intervenidas quirúrgicamente para RPM en el Hospital Virgen del Rocío.

1.1.6.1. MOMENTO DE LA RECONSTRUCCIÓN

La reconstrucción mamaria puede ser:

- 1. Inmediata.** Es aquella que se realiza en el mismo momento de la intervención de resección oncológica.
- 2. Diferida.** Es la que se realiza transcurrido un periodo variable de tiempo tras la intervención. Si se ha realizado tratamiento complementario, es aconsejable esperar un mínimo de 1 año tras finalizar el tratamiento con radioterapia y un período aproximado de unos 6 meses tras la quimioterapia.

El factor limitante más importante a la hora de decidir el momento de la reconstrucción sería la necesidad de aplicar radioterapia adyuvante. En caso de necesidad de radioterapia, conocida antes de la intervención, es aconsejable la reconstrucción autóloga o mixta. En caso de no conocer la necesidad de radioterapia y haber realizado la reconstrucción con un expansor, se debe tomar una decisión consensuada con la paciente sobre si se retira o no el expansor antes de comenzar con la radioterapia, aunque no es imprescindible la retirada del mismo para un adecuado tratamiento oncológico. Cuando se vaya a necesitar quimioterapia adyuvante, con radioterapia posterior y se haya colocado un expansor, debería procederse a la sustitución del mismo por una prótesis definitiva antes de iniciar el tratamiento radioterápico.

1.1.6.2. INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES

Las indicaciones se enumerarán con la descripción de cada técnica.

Contraindicaciones absolutas:

- La decisión de la paciente de no reconstruirse.
- Condicionamientos patológicos del orden de alteración de la consciencia de la realidad, psicopatología grave que impida el ejercicio de la volición o sospecha de síndrome dismorfofóbico.
- Imposibilidad de conseguir márgenes oncológicamente adecuados tras la aplicación de terapia sistémica primaria y radioterapia.
- Enfermedad sistémica grave concomitante.

1.1.6.3. TÉCNICAS DE RECONSTRUCCIÓN

Independientemente del momento de realizar la reconstrucción respecto a la cirugía oncológica (inmediata o diferida) es posible utilizar cualquiera de las técnicas que a continuación se enumeran con las peculiaridades, ventajas y desventajas que se citan en cada caso.

A) EXPANSORES TISULARES-PRÓTESIS

Es la inserción de un implante protésico en la zona de la mastectomía, ubicado en el área retropectoral. La elección de expansor tisular o prótesis dependerá de las características de cada paciente.

Indicaciones:

- Pacientes con índice de masa corporal (IMC) normal.
- El tamaño de la segunda mama debe ser de pequeño a moderado y con poca ptosis, de lo contrario precisará de simetrización.
- Buena calidad de la piel de cobertura y del tejido celular subcutáneo.
- Integridad de la musculatura pectoral.
- La reconstrucción se podrá realizar en un solo tiempo mediante prótesis-expansora con la finalidad de evitar reintervenciones, aunque la necesidad de cirugía de remodelación hace que frecuentemente deba cambiarse por implantes definitivos.

Contraindicaciones:

- Negativa de la paciente al uso de implantes.
- Radioterapia previa con mala calidad de la piel de la zona a expandir.
- Colgajos de piel muy fina o a tensión.
- Enfermedades del colágeno.

- Pérdida de la integridad del músculo pectoral mayor por su exéresis en el caso de mastectomía radical convencional, o su atrofia post-radioterapia o por lesión del pedículo vasculo-nervioso, lo que impedirá cubrir adecuadamente la prótesis.
- Es una contraindicación relativa la negativa de la paciente a la reducción de la mama contralateral grande, porque los expansores o prótesis tienen una limitación en su volumen, forma y proyección para conseguir la simetría.

Complicaciones:

- Deflacción.
- Malposición.
- Contractura capsular.
- Infección.
- Extrusión.

Inconvenientes:

- Frialdad de la piel.
- Falta de evolución armónica con los cambios corporales a lo largo del tiempo.
- Dificultad en obtener una mama con ptosis suficiente.

B) COLGAJOS AUTÓLOGOS

i. Transposición del músculo dorsal ancho.

Supone la traslación al tórax de la totalidad o parte del músculo *latissimus dorsi* con una isla de piel y tejido celular subcutáneo de una dimensión adecuada. Precisa habitualmente de la colocación de una prótesis o expansor tisular de forma simultánea o diferida para obtener un volumen adecuado. En ocasiones requiere exploraciones complementarias para asegurar la integridad del pedículo vasculonervioso toracodorsal.

Indicaciones:

- Pacientes que precisen aporte de tejidos con buena vitalidad a la zona tratada, hayan recibido radioterapia o no, y que, conociendo las otras posibilidades de reconstrucción con tejido autólogo, prefieran la espalda como zona donante.
- También es útil en cirugías conservadoras, para alcanzar una buena estética, y como relleno volumétrico en mastectomías ahorradoras de piel.

Tipos e indicaciones específicas:

- Asistido por prótesis: en pacientes delgadas, jóvenes, con músculo dorsal de buena calidad, con la paciente que desea incremento del volumen mamario, con buena posibilidad de simetrizar la mama contralateral con prótesis.
- Técnica del dorsal ancho ampliada: cuando hay un gran panículo adiposo, siempre que no produzca una gran asimetría en la espalda, y en las pacientes mayores que hayan recibido radioterapia.
- Como técnica de rescate tras resección de recidivas locales tras mastectomía y que precisen resección total del espesor de la pared torácica.

Contraindicaciones:

- Lesión del pedículo del músculo dorsal ancho.
- Toracotomía previa homolateral.

Complicaciones:

- Pérdida del colgajo por lesión del pedículo.
- Extrusión de la prótesis.
- Malposición de la isla cutánea.
- Infección, seroma o hematoma.
- Retracción capsular periprotésica.

Desventajas:

- Cicatriz en la espalda.
- Pérdida de volumen, fundamentalmente por atrofia de su porción muscular.
- Aporta poco volumen a la zona tratada, por lo que suele ser necesaria la colocación de un implante submuscular.
- Discromía de la isla de la zona donante en relación al color de la piel del tórax.
- Asimetría del contorno dorsal.
- Eventual limitación funcional de la cintura escapular, que estaría desaconsejada en pacientes que practiquen deportes como el golf, tenis o esquí de fondo.
- Posible necesidad de injerto libre de piel en zona donante, si no es posible el cierre primario por las dimensiones de la isla.

ii. Transposición del músculo recto anterior del abdomen (TRAM pediculado).

Permite la traslación de piel, grasa y masa muscular abdominal al tórax, utilizando el pedículo arteriovenoso epigástrico superior que discurre en el espesor de los músculos rectos anteriores del abdomen. Para aumentar su flujo existe la posibilidad técnica de diferirlo tras la sección del pedículo epigástrico inferior para tratar de aumentar el aporte sanguíneo desde la epigástrica superior. No obstante, esta variación técnica está en desuso.

Indicaciones:

- Paciente con suficiente volumen tisular abdominal, conocedora de las limitaciones funcionales y estructurales que conlleva. Especialmente indicada cuando la mama contralateral es voluminosa y ptósica.
- Como técnica de rescate: cuando la colocación previa de un implante ha ocasionado la retracción o encapsulamiento y dolor.

- En pacientes que han recibido tratamiento radioterápico.
- Disponibilidad de zona donante por buena adiposidad abdominal.
- No posibilidad de microcirugía o cuando la paciente la rechaza.
- Recidivas locales tras mastectomía o tratamiento conservador que precise de una amplia extensión de piel para cobertura.

Contraindicaciones:

- Abdominoplastias.
- En caso de antecedente de colecistectomía laparotómica, está indicado el TRAM contralateral. Ante laparotomías medias supra o infraumbilicales se puede plantear la realización de un TRAM bipediculado, debiéndose valorar muy cuidadosamente la extensión de la isla cutánea, en el caso de existir otras cicatrices.

Factores de riesgo:

- Gran obesidad.
- Cicatrices abdominales que comprometan la vascularización dependiente de la epigástrica superior.
- Enfermedades sistémicas como diabetes, hipertensión y esclerodermia.
- Fumadoras.

Complicaciones:

- Necrosis parcial o total del colgajo.
- Hernia abdominal.
- Necrosis grasa o dehiscencia de los bordes de la herida.
- Necrosis o malposición del ombligo.
- Intolerancia a la malla de refuerzo (en caso de haberla empleado para la reconstrucción de la pared abdominal).

- Infección, seroma y hematoma.

Desventajas:

- Con elevada frecuencia es preciso colocar una malla de refuerzo especialmente desde el arco de Douglas. Por tanto, provoca un déficit estructural de la pared abdominal que se puede traducir en debilidad abdominal y un mayor riesgo de hernias.
- Provoca un déficit funcional considerable al eliminar parte de la musculatura abdominal, especialmente si es bipediculado.

iii. Técnicas de microcirugía (DIEAP/SIEAP/TRAM libre).

Son las técnicas que se basan en la transferencia microquirúrgica únicamente de piel y grasa de la zona donante, generalmente del abdomen, sin precisar de un sacrificio muscular (DIEAP/SIEAP) o con un sacrificio parcial (TRAM libre) para conseguir una vascularización adecuada. Existen otras zonas donantes menos empleadas como son la zona glútea o la cara interna de los muslos.

Son de gran utilidad en pacientes con afectación importante de la piel del tórax por la radioterapia previa y con posible afectación axilar, siendo recomendable la utilización de los vasos de la mamaria interna como vasos receptores.

Indicaciones:

- Toda paciente que tenga suficiente tejido abdominal y que desee una reconstrucción definitiva y natural. Ofrece una mayor especificidad reconstructiva con una menor morbilidad (DIEAP/SIEAP).
- Fallo de otras técnicas reconstructivas.
- Presencia de severas secuelas tras tratamiento con radioterapia (grado III-IV de la escala del Radiation Therapy Oncology Group (RTOG)).

Contraindicaciones:

- Tabaquismo activo (contraindicación relativa si se suspende al menos seis semanas antes).
- Se consideran contraindicaciones absolutas la dermolipectomía previa o cualquier destrucción importante de la pared abdominal que pueda comprometer la vascularización de la pared abdominal a través del sistema epigástrico inferior.
- Puede ser una contraindicación relativa la radioterapia previa de la cadena mamaria interna.

Complicaciones:

- Necrosis parcial o total del colgajo
- Infección, seroma y hematoma.

Ventajas:

- Preservación funcional y estructural total de la pared abdominal (DIEAP/SIEAP) o parcial (TRAM libre).

Desventajas:

- Para el equipo quirúrgico comporta una mayor especialización y una curva de aprendizaje más larga. Únicamente lo pueden realizar con garantía de éxito cirujanos con una experiencia y formación microquirúrgica en colgajos de perforantes.
- Para las pacientes supone un incremento del tiempo operatorio (tiempo medio de intervención quirúrgica de 6 horas).
- No está al alcance de todos los hospitales.

C) CIRUGÍA ONCOPLÁSTICA

El tratamiento inicial de elección en los tumores mayores de 3 cm o localmente avanzados es la terapia sistémica primaria. Es imprescindible el marcaje de la zona donde se encontraba el tumor antes de iniciar el tratamiento.

Indicaciones:

- Cirugía conservadora que, ya sea por el volumen de tejido resecado o por el pequeño tamaño de la mama, comporte una deformidad estética de la misma con la correspondiente secuela física y/o psíquica para la paciente. Por tanto, la cirugía conservadora de mama no debería estar indicada sin ir acompañada de la posibilidad electiva de una reconstrucción parcial.

Contraindicaciones (las mismas de la cirugía conservadora e indicación de mastectomía):

- Carcinoma inflamatorio.
- Tumores T3-T4 tras tratamiento sistémico primario.
- Tumor multicéntrico.
- Microcalcificaciones extensas en la mamografía.
- Márgenes quirúrgicos afectos tras repetidas cirugías oncológicas.
- Mala relación entre volumen tumoral y volumen mamario que permitan una buena estética residual.

Variantes técnicas:

- Técnicas de remodelación del propio tejido glandular siguiendo patrones clásicos o modificaciones individualizadas de los mismos.
- Colocación de prótesis de sustitución.
- Transposición de colgajos autólogos para reposición de volumen:
 - Toraco-epigástrico.

- Variante Holstrom: ramas perforantes de las arterias mamaria interna y la epigástrica superior.
- Colgajos de perforantes locales como el colgajo de perforantes de la arteria toracodorsal.

1.2. REALIDAD VIRTUAL EN MEDICINA

1.2.1. LOS SIMULADORES EN EL APRENDIZAJE QUIRÚRGICO

Los avances que ha sufrido el campo de las tecnologías de la información y, dentro del mismo, la informática gráfica, han permitido la investigación y el desarrollo de entornos virtuales aplicables a diversas áreas, incluyendo la medicina. La realidad virtual (RV) es la simulación por ordenador, dinámica y tridimensional, orientada a la visualización de situaciones y variables complejas, durante la cual el usuario ingresa, a través del uso de sofisticados dispositivos de entrada, a "mundos" que aparentan ser reales, resultando inmerso en ambientes altamente participativos de origen artificial. El término "Realidad Virtual" supone la existencia de un complejo sistema electrónico para proyectar espacios visuales en 3D y para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario.

Su uso ha permitido importantes avances en sectores tan diversos como la industria, la medicina y la arquitectura, mejorando actividades como la automatización y revisión de diseños, la simulación interactiva, el diseño cooperativo, el entrenamiento y, en general, la visualización e interpretación de datos.

La tecnología moderna se ha popularizado en el entorno académico y se ha integrado en el mundo visual y táctil de la cirugía como parte de un proceso natural. Ya en 1912 Rudolph Matas¹⁵⁸, durante su discurso presidencial en la Southern Surgical and

Gynecological Association, predijo acertadamente que las máquinas fotográficas revolucionarían el aprendizaje quirúrgico. Antes de los años 50, el quirófano era el único lugar en el que se podía ver cirugía fuera de las aulas. La aparición de la fotografía permitió a los estudiantes construir e integrar las representaciones verbales y pictóricas de la enfermedad¹⁵⁹. En el aprendizaje quirúrgico las imágenes en movimiento se hicieron particularmente útiles para ayudar a la descripción de las relaciones anatómicas y procedimientos quirúrgicos. En los años 80, los ordenadores se convirtieron en una herramienta adicional con capacidad potencial para recrear la complejidad de los tejidos y proporcionar una nueva visión de los procedimientos quirúrgicos a través de la simulación. A principios de los años 90, el National Aeronautics and Space Administration's Ames Research Center Perceptual and Behavioral Adaptation Group¹⁵⁹ diseñó el primer simulador quirúrgico para estudiar las consecuencias biomecánicas de la transferencia de tendones basadas en las propiedades generadoras de fuerza de los músculos y en la geometría de los huesos y las articulaciones.

Coincidiendo con los avances tecnológicos, en las últimas dos décadas se han llevado a cabo importantes cambios en los programas de entrenamiento quirúrgico. Los docentes se encuentran sometidos a una presión creciente para efectuar procedimientos de una manera más rentable en cuanto a la relación coste-efectividad, incluyendo el acortamiento de los tiempos quirúrgicos y la mejora de los resultados^{159,160}. Además, muchos de los programas docentes están experimentando un descenso en el número de pacientes disponibles para la enseñanza¹⁶¹, y la creciente demanda de este tipo de cursos por parte de los cirujanos disminuye su disponibilidad como docentes experimentados en los quirófanos^{162,163}.

Estas demandas han estimulado el crecimiento de las nuevas tecnologías en medicina y subrayado nuestro desconocimiento del proceso mediante el que los cirujanos aprenden. Por ejemplo, tras la introducción de la cirugía laparoscópica, miles de cirujanos acudieron a cursos rápidos para aprender la técnica y volvieron a su práctica habitual para llevar a cabo en solitario su primera intervención quirúrgica mediante laparoscopia días después. La gran variabilidad en las tasas de complicaciones de estos nuevos cirujanos laparoscópicos colocó en el punto de mira de la opinión pública el tema de las competencias quirúrgicas y la seguridad del paciente^{164,165}.

La práctica quirúrgica requiere una combinación única de decisiones rápidas y complejas de alto riesgo, habilidades manuales y habilidades tecnológicas que están en relación con los instrumentos quirúrgicos. Por todo ello, la cirugía es algo más que la habilidad para llevar a cabo una serie de tareas secuenciales, y el aprendiz debe ser capaz de contextualizar sus conocimientos aplicándolos a situaciones reales. El proceso de aprendizaje debe ser cooperativo, con sesiones abiertas a preguntas en las que el mentor y el estudiante participen activamente en las discusiones. Tales interacciones no son posibles durante una sesión quirúrgica en un quirófano, mientras que el entrenamiento en un sistema de simulación lo hace posible sin ningún inconveniente.

A medida que las nuevas tecnologías se han ido desarrollando, el concepto de valoración de las prácticas y competencias quirúrgicas se ha ido haciendo cada vez más importante. Los primeros simuladores que se utilizaron para la práctica de técnicas quirúrgicas eran cadáveres y animales vivos; sin embargo, las restricciones éticas y económicas impuestas a estos modelos han sobrepasado a muchas instituciones. Así, se han desarrollado simples modelos inanimados para la práctica de habilidades quirúrgicas básicas. El aprendizaje en modelos se ha desplazado a los centros de adquisición de habilidades quirúrgicas como resultado de un mejor conocimiento de los

procesos de aprendizaje adulto y una tendencia a someter a los pacientes al menor riesgo posible¹⁶⁶. En muchos centros, los modelos de piel sintética para la práctica de suturas quirúrgicas y las simulaciones de cirugía por ordenador se están convirtiendo en importantes herramientas educativas¹⁶⁷⁻¹⁶⁹. Este contexto está desplazando al quirófano como lugar de aprendizaje quirúrgico y de desarrollo de avances tecnológicos hacia los centros especializados en adquisición de habilidades quirúrgicas.

La industria de la aviación proporciona un ejemplo ideal para comprender cómo los simuladores mejoran el entrenamiento y el mantenimiento de las competencias. Los simuladores de vuelo han servido como entrenamiento a pilotos que han adquirido así una mayor seguridad a bajo coste, comparado con las experiencias de vuelo real en las que estarían más expuestos a complicaciones y situaciones difíciles^{170,171}. La industria de la aviación comenzó a utilizar estos simuladores hace décadas hasta lograr unas cifras impresionantes en materia de seguridad a través de programas educativos estandarizados, práctica repetitiva y múltiples exámenes de competencias¹⁷².

Un principio importante en la teoría del aprendizaje de habilidades motoras es que la práctica continuada y los sistemas de retroalimentación son determinantes en un aprendizaje exitoso^{173,174}. Introduciendo los ordenadores y los avances tecnológicos en la educación y la práctica quirúrgica podemos comenzar a seguir la estela de los 40 años de historia de los simuladores de vuelo¹⁷⁵. Se pueden utilizar los simuladores para entrenar a los cirujanos jóvenes, para mantener actualizadas las habilidades quirúrgicas si uno se encuentra alejado de la práctica clínica y para enseñar nuevas técnicas y manejo de instrumental a cirujanos expertos¹⁷⁶.

El aprendizaje mediante programas multimedia se usa en la fase cognitiva de la adquisición de habilidades motoras. Estas aplicaciones presentan la ventaja de que incorporan todo el material que utilizamos para el estudio de la cirugía (libros de texto,

atlas de anatomía, videos, apuntes de clase, opinión de expertos y fotografías) en un programa multimedia en el que el usuario puede navegar a su propio ritmo¹⁷⁷. Cada usuario puede buscar de forma independiente instrucciones y demostraciones, y recibir información en un formato que facilita la construcción mental de conexiones entre modelos verbales (tanto visuales como auditivos), mentales y pictóricos¹⁶¹. Ejemplos de esto lo constituye el proyecto Visible Human Project¹⁷⁸, biblioteca virtual que incluye representaciones tridimensionales de cuerpos humanos tanto femeninos como masculinos, anatómicamente detalladas, adquiridas a través de la fusión de imágenes de TAC, RM y secciones congeladas de cadáver. Este tipo de proyectos multimedia tienen aplicaciones reales; de hecho, los estudiantes de medicina de la Universidad de Colorado comprenden las relaciones anatómicas entre vasos, órganos y nervios gracias a las imágenes 3D generadas por el programa Visible Human Project¹⁷⁹. Además de poder ser utilizado en las Facultades de medicina, la tecnología multimedia tiene aplicación en muchas áreas de la cirugía para mejorar el traspaso de información desde las páginas planas de los libros de texto y atlas con los que los cirujanos han estudiado durante décadas.

Existen otros muchos programas multimedia accesibles desde Internet como son WebSurg¹⁸⁰ y BeST¹⁸¹. WebSurg es un emplazamiento multilingüe que contiene gran cantidad de información, desde indicaciones para montar un quirófano y preparar una cirugía hasta los pasos a seguir en distintos procedimientos quirúrgicos y cuidados postoperatorios. BeST es un programa diseñado para examinar a los residentes de especialidades quirúrgicas, de tal forma que puede monitorizar el progreso a través de su programa de estudios o utilizarse para el aprendizaje independiente. Existen otros muchos programas parecidos como LaMedica¹⁸², para residentes de cirugía

cardiotorácica, o programas enfocados a una patología más concreta como la cirugía del labio leporino¹⁸³ o la anatomía de la mano¹⁸⁴.

Varios estudios demuestran que las Facultades de Medicina han reducido el tiempo de aprendizaje y mejorado la eficiencia utilizando programas de ordenador multimedia para la instrucción básica y entrenamiento de sus alumnos¹⁸⁵⁻¹⁸⁷. Los entornos interactivos con imágenes 3D son excelentes para comprender, por ejemplo, la compleja anatomía quirúrgica del hígado. Silverstein y cols.¹⁸⁸ han demostrado mejoras significativas en las puntuaciones de exámenes así como en la retención de conceptos cuando a los estudiantes se les muestran las relaciones espaciales de los segmentos del hígado y los vasos en visión estereoscópica. Los estudios preliminares realizados por Montgomery y cols.¹⁸⁹ apuntan hacia una mayor habilidad para alcanzar la meseta en la curva de aprendizaje de la planificación y reparación quirúrgica del paladar hendido utilizando una herramienta de entrenamiento basada en un programa informático.

La importante transición que existe entre el aprendizaje mediante ordenador y los simuladores es la que va desde la adquisición de conocimientos a la adquisición de habilidades. Las habilidades que se pueden adquirir en estos modelos incluyen desde la inserción de un catéter intravenoso en un modelo de piel sintética¹⁹⁰, hasta aprender a hacer anastomosis entre arterias coronarias en un sofisticado modelo plástico de corazón bombeando¹⁹¹. La realidad virtual añade además el elemento de una interactividad creciente.

A pesar de que los sistemas de planificación quirúrgica fueron adoptados hace un tiempo con utilidades específicas, la mayor parte de ellos han sido previstos para la planificación quirúrgica y el entrenamiento en intervenciones de cirugía laparoscópica y endoscópica, y se basan mayoritariamente en instrumental complejo y a medida. Existen diferentes estudios que demuestran que el entrenamiento requerido para llevar a cabo

intervenciones potencialmente peligrosas puede reducir la morbilidad y los riesgos quirúrgicos. Los mejores resultados se logran con los sistemas de simulación asistidos mediante un interfaz mecánico/electrónico en quirófano, como son las herramientas de cirugía laparoscópica^{192,193}, el instrumental de la endoscopia intracraneal¹⁹⁴ y la endoscopia virtual¹⁹⁵. Este hecho se debe a que los instrumentos quirúrgicos habituales (escalpelo, fórceps, tijeras, osteotomo y otros) no están diseñados para ser manejados por ningún sistema informático, y no pueden proporcionar ningún registro mecánico o eléctrico de retroalimentación de fuerza ejercida. Con los aparatos de laparoscopia y endoscopia es muy fácil conseguir información táctil similar a la que se obtiene durante una cirugía real, construyendo un modelo mecánico a escala real de estas herramientas. Los estudios de validación de los simuladores son esenciales; simplemente por poder medir un parámetro éste no tiene porqué ser relevante desde el punto de vista educacional. Todos estos sistemas necesitan, por tanto, validaciones y evaluaciones adicionales¹⁹⁶.

Otros autores se han centrado en el modelado de un solo órgano¹⁹⁷, o en un solo procedimiento quirúrgico¹⁹⁸. Tales sistemas pueden proporcionar un alto grado de realismo pero carecen de la capacidad de generalización. Los simuladores quirúrgicos complejos, provistos de instrumentos robóticos y de retroalimentación de fuerza, han demostrado su utilidad, pero su coste es aún importante¹⁹⁹. Porro²⁰⁰ ha conseguido desarrollar un simulador quirúrgico de realidad virtual construido a partir de materiales del mercado y tecnologías generales a un relativo bajo coste.

A través de un proceso denominado análisis de tareas cognitivas, los educadores tratan de analizar cuáles son esos escalones educacionales y cómo pueden lograr una mejor enseñanza. Anastakis y cols.¹⁶⁹ han demostrado que las habilidades quirúrgicas adquiridas en modelos virtuales pueden ser transferidas a pacientes reales en un

quirófano. Sin embargo, la transferencia satisfactoria del conocimiento y las habilidades específicas son difíciles de probar. Los simuladores de vuelo han demostrado una transferencia del conocimiento de un 50% lo que significa que, por cada hora que pasan en un simulador de vuelo, los pilotos adquieren la experiencia equivalente a 30 minutos de vuelo real. En comparación, tan sólo se ha logrado una transferencia del 25% del conocimiento en el caso de los procedimientos quirúrgicos²⁰¹.

Otro reto de la realidad virtual es conseguir una representación real cuando se mueven o deforman pequeñas estructuras y piezas delicadas (como pueden ser los huesos faciales) que se encuentran muy próximos entre sí. La naturaleza de los algoritmos descendentes que se utilizan para mover los pequeños fragmentos óseos permite que los huesos finos sean atravesados o que incluso desaparezcan en estas situaciones²⁰². La pauta actualmente aceptada en la simulación de tejidos blandos rompe la compleja simetría de la piel y los órganos para convertirla en polígonos de gráficos tridimensionales con el fin de resolver el problema planteado por estos obstáculos matemáticos y geométricos^{203,204}. Cada polígono puede tener diferentes propiedades físicas de tal forma que responden de manera diferente a la presión ejercida por un polígono adyacente o por un instrumento. De esta forma, el tocar la piel situada sobre hueso genera una resistencia diferente que cuando se toca la piel suprayacente a tejidos blandos u órganos.

La repetición y la retroalimentación, ninguna de las cuales puede ser realizada fácilmente en un quirófano, han demostrado mejorar la adquisición de habilidades. Wanzel y cols.¹⁶⁸ demostraron una mejora en la ejecución de Z-plastias por residentes en respuesta a procesos de retroalimentación por parte de los facultativos; y Scott y cols.¹⁶⁷ realizaron una aproximación a la adquisición de habilidades en relación al número de repeticiones realizadas de una tarea simple, mostrando que era necesaria una

media de unas 32 repeticiones para alcanzar el percentil 90 en rendimiento. En un estudio de referencia realizado en la Universidad de Yale, Seymour y cols.²⁰⁵ demostraron que el entrenamiento con un simulador de realidad virtual mejoraba la actuación quirúrgica y disminuía los errores. Watterson y cols.²⁰⁶ utilizaron un simulador de ureteroscopia para demostrar la adquisición acelerada de habilidades quirúrgicas.

Los simuladores de modelos humanos se han estado utilizando durante décadas en cursos para el aprendizaje de técnicas de reanimación cardiopulmonar en adultos y para evaluar sus habilidades²⁰⁷. Se puede coger el mismo concepto, añadirle algo de realidad virtual y crear un método comprobado. Rosen y cols.¹⁷⁰ han desarrollado un sistema de simulación virtual de un muslo con instrumentos quirúrgicos que permite al principiante aprender a localizar estructuras, a disecar tejidos blandos y hueso, y a suturar nervios, vasos sanguíneos y piel. Existe un simulador de cirugía de senos a disposición de los especialistas de otorrinolaringología para estudiar las habilidades y la adquisición del conocimiento a través de la práctica, en un modelo de cabeza de plástico con una pantalla que permite la navegación virtual a través de los senos²⁰². Se han utilizado simuladores quirúrgicos en los campos de cirugía general, urología y oftalmología para aprender a canalizar vías venosas, para realizar exámenes rectales digitales y para la cirugía vítrea, respectivamente^{208,209}.

En la actualidad, se están llevando a cabo estudios piloto para introducir nuevos usos en la simulación mediante ordenador. Un simulador de traumatología al que se puede acceder por Internet²¹⁰, proporciona un método para someter a los residentes médicos a situaciones traumáticas con el fin de evaluar sus capacidades de liderazgo y de trabajo en equipo²¹¹.

Las técnicas de cirugía asistida mediante ordenador son bien conocidas en neurocirugía para localizar de manera intraoperatoria estructuras y para la navegación estereotáxica^{212,213}. Los sistemas de navegación pueden dividirse en dos grandes grupos, los que se basan en imágenes adquiridas de forma preoperatoria y aquellos que emplean imágenes intraoperatorias a tiempo real. Los sistemas basados en imágenes realizadas de forma previa a la intervención son de un diseño más convencional y su uso se encuentra más extendido. Se basan en los datos de navegación obtenidos a partir de TAC o RM; mientras que los sistemas de navegación intraoperatoria a tiempo real se basan en imágenes adquiridas durante la intervención. Estos últimos obtienen sus imágenes a partir de RM intraoperatoria (RMi), TAC o sistemas de ultrasonidos. Mediante la obtención de imágenes y datos intraoperatorios, la base de datos del programa de navegación puede actualizarse durante la intervención quirúrgica permitiendo así compensar los cambios en las estructuras anatómicas (como el tejido cerebral, tumoral o cambios en los ventrículos cerebrales)²¹⁴⁻²¹⁷.

Hace aproximadamente una década se introdujeron los primeros sistemas de cirugía ortopédica asistida mediante ordenador basados en las imágenes obtenidas mediante TAC preoperatorio^{218,219}. Las ventajas de estos sistemas es que ofrecen un excelente contraste entre el hueso y los tejidos blandos. Las imágenes obtenidas no se encuentran distorsionadas geométricamente y por tanto no requieren ningún tipo de calibración sofisticada. Estas ventajas convierten a las imágenes del TAC en superiores a las de la RM para la creación de objetos virtuales, aunque el último método sea claramente menos dañino en términos de exposición a la radiación de los pacientes. Se han llevado a cabo algunos estudios para superar las dificultades que presenta la RM, pero el TAC continúa siendo el método de elección para la creación de imágenes preoperatorias en las aplicaciones de la cirugía asistida mediante ordenador^{218,219}.

Existe una categoría de sistemas de navegación que funcionan sin emplear las imágenes radiológicas como objetos virtuales. En su lugar, se utilizan las habilidades de rastreo del sistema para generar una representación gráfica de la anatomía del paciente mediante la digitalización intraoperatoria. Puede obtenerse una relación de la localización espacial de puntos de referencia anatómicos mediante el uso de cualquier instrumento de rastreo. La combinación de los puntos obtenidos con líneas y superficies genera, paso a paso, un modelo abstracto de la geometría. Como el modelo es generado por el cirujano, el proceso se conoce como “anatomía definida por el cirujano”. Esta técnica es muy útil cuando están implicadas estructuras blandas difíciles de identificar en imágenes de TAC o de fluoroscopia como son los ligamentos y los cartílagos articulares. Existen algunas localizaciones anatómicas en las que es posible obtener imágenes con instrumentos de digitalización sin acceso directo. Por ejemplo, se puede reconstruir el centro de la cabeza femoral, que constituye una referencia importante en la colocación de prótesis totales de rodilla, a partir de la rotación pasiva de la pierna alrededor del acetábulo. No obstante, las imágenes generadas suelen ser bastante abstractas y no son fáciles de interpretar. Sati y cols.²²⁰ intentaron solucionar este problema superponiendo una radiografía preoperatoria a las imágenes obtenidas para facilitar la orientación, pero la adaptación exacta de las dos imágenes en el espacio resultó ser muy complicada.

La visualización tridimensional de estructuras óseas por medio del TAC o la RM ha modificado de una forma muy importante la comprensión de los procesos patológicos y el abordaje de procedimientos quirúrgicos complejos por parte del cirujano. Los beneficios aportados por estas herramientas se encuentran bien establecidos en cirugía maxilofacial²²¹. Para la reconstrucción de estructuras óseas ha resultado de gran valor el análisis de defectos mediante ordenador y su corrección

simulada mediante el empleo de modelos estereolitográficos²²¹. La estereolitografía mediante láser comenzó a introducirse a principios de los años 90. Se pueden fabricar modelos anatómicos de alta precisión utilizando resina líquida acrílica, creando instrumentos para la visualización, mediciones y análisis de estructuras faciales complejas. Gracias a los procesos tecnológicos en diseño gráfico mediante ordenador es posible crear una imagen especular de una estructura compleja a partir del lado sano y utilizarla para la reconstrucción del componente dañado. Previamente a la intervención real se pueden simular los procedimientos quirúrgicos sobre estos modelos. La mayor parte de sus aplicaciones están relacionadas con la reconstrucción de la bóveda craneal, el tercio medio facial y la región orbitaria²²²⁻²²⁴ así como la reconstrucción mandibular²²⁵.

En Austria, Feichtinger y cols.²²⁶ han comercializado un sistema de navegación para la toma de biopsias dirigido mediante la imagen en casos de sospecha de recurrencia local del carcinoma de células escamosas en la cavidad oral. Tras una cirugía radical y radioterapia en tumores de cabeza y cuello, los planos titulares normales se encuentran sustancialmente alterados. El tratamiento quirúrgico supone una excisión y una reconstrucción quirúrgica compleja que implica la transferencia a distancia de tejidos blandos y óseos, lo cual distorsiona la anatomía de forma significativa e inutiliza las pruebas de imagen postoperatorias. La radioterapia posterior altera las estructuras locales²²⁷. Por lo tanto, las técnicas modernas de imagen como el TAC, la RM y la punción-aspiración con aguja fina (PAAF) guiada mediante ultrasonidos han mejorado espectacularmente en los últimos 20 años la supervivencia en pacientes con cáncer de cabeza y cuello²²⁸. Sin embargo, estas técnicas de imagen tienen una especificidad muy baja para distinguir entre tejido tumoral y alteraciones titulares postterapéuticas, como la fibrosis o la inflamación²²⁹. Una gran ventaja que

ofrece la técnica propuesta por Feichtinger y cols. es que la estación de trabajo permite al usuario desplazarse por la imagen en un espacio 3D en muy poco tiempo²²⁶. Se le añade una cuarta dimensión gracias a la homogenización y combinación continua del PET (Positron Emission Tomography) al TAC. El cirujano consigue una valoración preoperatoria muy buena de la localización tumoral y de la infiltración de los tejidos circundantes, crucial para la planificación de la intervención quirúrgica. Los instrumentos quirúrgicos y las agujas de biopsia se pueden equipar fácilmente con un marco de referencia para el rastreo y ser calibrados intraoperatoriamente. La literatura demuestra una gran precisión en los instrumentos de navegación quirúrgica cerca de estructuras delicadas, especialmente en la órbita o en la base del cráneo^{230,231}.

Uno de los objetivos de la cirugía asistida mediante ordenador es evitar amplias cirugías abiertas, como el abordaje subcraneal/subfrontal que supone una gran cantidad de tiempo, y sustituirlas por procedimientos de alta precisión mínimamente invasivos. A pesar de todos los avances alcanzados en este campo, los sistemas de navegación asistida mediante ordenador continúan siendo herramientas de localización anatómica y, cuando se utilizan como herramientas de trabajo, debemos tener presente que no poseen sistemas de retroalimentación de fuerza táctiles. Por tanto, pueden dar lugar a complicaciones¹⁶⁴. Así, Caversaccio y cols.²³² concluyen que el desarrollo de un sistema de cirugía asistida por ordenador para intervenciones en la base del cráneo tiene un impacto en la seguridad subjetiva y en la educación y entrenamiento del cirujano pero no proporciona datos estadísticos que avalen una cirugía más eficiente.

Otra de las técnicas accesibles hoy en día es la posibilidad de realizar una especie de endoscopia virtual, que permite explorar partes del cuerpo hasta ahora inaccesibles, demasiado peligrosas como para poner en riesgo la vida del paciente o demasiado pequeñas para los instrumentos quirúrgicos actuales²³³. La realidad de

aumento es una técnica que fusiona valores de ecografía e imágenes de TAC y RM con la perspectiva del cirujano para visualizar tumores, vasos y nervios, como si todos los tejidos fueran semitransparentes. Este método puede suponer una ventaja importante en la planificación de la incisión quirúrgica, para localizar tumores mamarios o para las biopsias hepáticas²³⁴. Se ha utilizado la endoscopia virtual para visualizar preoperatoriamente los pulmones²³⁵, el colon²³⁶, el estomago, el riñón, los uréteres, la vesícula, el útero, los senos y los ventrículos cerebrales¹⁹⁶.

Las ventajas proporcionadas por las referencias óseas no están disponibles en la cirugía visceral. La planificación quirúrgica basada en la representación tridimensional de órganos debe sortear los obstáculos derivados de la movilidad y flexibilidad inherentes a los órganos²³⁷⁻²⁴². Lamadé y cols.²⁴³ emplean reconstrucciones hepáticas 3D para localizar tumoraciones y planificar la resección quirúrgica, habiendo demostrado de forma cuantitativa una mejora significativa con la planificación virtual en cuanto a localización tumoral, planos y márgenes de resección.

Las técnicas informáticas de interpretación de gráficos se adaptan mejor a procedimientos en los que esté implicada la manipulación ósea frente a la de tejidos blandos. Los algoritmos son menos complicados porque la interacción entre dos estructuras óseas (como un avión y un edificio o un hueso y otro hueso) es matemáticamente mucho más simple que aquella que surge de la interacción entre un instrumento quirúrgico y la piel, que tiene propiedades mecánicas variables para el estiramiento, las incisiones y el corte²⁴⁴.

Los simuladores pueden hacer más eficiente la educación quirúrgica para reducir el tiempo de entrenamiento necesario en cirujanos jóvenes¹⁷⁶. Básicamente, podemos formar nuestra curva de aprendizaje en realidad virtual antes de entrar a quirófano²⁴⁵. Durante la simulación, el cirujano puede parar al llegar a los puntos críticos de la

intervención, analizar todos los aspectos necesarios sin la presión de encontrarse en quirófano y decidir cómo actuar cuando se encuentre en la situación real. Pueden probarse las distintas posibilidades y completar el simulador quirúrgico a partir de elecciones individuales, comprobando cuál es la que conduce a un mejor resultado final. De esta forma, muchas de las dificultades con las que nos podemos encontrar actualmente durante una cirugía se podrán sortear porque ya las habremos evaluado y se habrán solucionado en el simulador.

Los simuladores proporcionan un entorno ideal para alcanzar la meseta en la curva de aprendizaje: no hay riesgo para el paciente, los costes son menores que los generados en un quirófano, la práctica se puede grabar y no necesariamente ha de ser supervisada, el procedimiento se puede interrumpir, el simulador puede ser reutilizado cuando el procedimiento ha terminado y el movimiento operatorio se puede repetir²⁰⁷. El desafío es continuar demostrando la posibilidad de trasladar el aprendizaje mediante simuladores a las actuaciones quirúrgicas y a los resultados en pacientes. Con el fin de desarrollar este objetivo es fundamental que exista una comunicación fluida entre cirujanos, ingenieros e informáticos para asegurar el desarrollo de herramientas que conduzcan a la solución de las necesidades específicas generadas en el quirófano.

1.2.2. REALIDAD VIRTUAL EN CIRUGÍA PLÁSTICA

Parece claro que en el futuro los ordenadores estarán involucrados no sólo en la planificación quirúrgica, sino también en el entrenamiento de los cirujanos, tanto jóvenes como mayores, y en la práctica de la cirugía. Para que los cirujanos plásticos se beneficien de estos avances, necesitamos implicarnos en los esfuerzos de colaboración y desarrollar simuladores que puedan integrarse fácilmente en nuestro circuito de atención al paciente. Es necesaria una reestructuración radical en el sistema de los programas de

aprendizaje de los residentes de cirugía plástica. Las tecnologías por sí mismas no pueden tener impacto en nuestras vidas y en nuestra práctica clínica; son tan sólo un vehículo para permitir la transferencia de contenidos. Así pues, los cirujanos plásticos y los educadores quirúrgicos tienen que trabajar codo con codo para desarrollar plataformas pedagógicas adaptadas a las posibilidades y limitaciones que presentan las tecnologías de la información. A medida que los simuladores mejoran en calidad y disminuyen en coste, la comunidad médica debe darse cuenta del valor del entrenamiento, la evaluación de habilidades y el mantenimiento de las mismas, que han supuesto el pilar principal de la industria aeronáutica y la base para lograr resultados increíbles en materia de seguridad.

A pesar de que una planificación prequirúrgica precisa es básica a la hora de realizar una intervención de cirugía plástica, actualmente este paso fundamental se basa, casi exclusivamente, en consideraciones anatómicas y geométricas puras. Semejante abordaje proporciona indicaciones útiles cuando se llevan a cabo procedimientos estandarizados, pero no provee al cirujano con datos objetivos y fiables de los cambios que experimentan los tejidos adyacentes relacionados con la cirugía.

Con los métodos de que disponemos actualmente, se plantean ciertos problemas a la hora de visualizar en 3D los tejidos blandos y evaluar la superficie cutánea²⁴⁶. Mientras que los huesos son estructuras rígidas que se comportan de manera estática sin variar de forma en un emplazamiento ideal, la visualización de los tejidos blandos es más complicada debido a su textura plástica, los cambios rápidos de tensión que pueden experimentar y su resistencia a la inmovilización completa. La colocación y posición del paciente cuando se somete a un TAC o una RM involucra una serie de fuerzas gravitacionales omnipresentes, así como el contacto directo del cuerpo con diferentes objetos al sentarse o al tumbarse, por nombrar tan sólo algunos de los elementos que

pueden modificar la forma de la superficie corporal. Además, existen otros factores que pueden distorsionar las mediciones en representación 3D de estructuras plásticas; por ejemplo, cuando se obtiene una imagen de la cabeza o de la cara la activación involuntaria de los músculos de la mímica, que puede ocurrir fácilmente en el proceso de toma de datos, puede alterar los resultados.

Los cirujanos plásticos del Standford y M. D. Anderson Cancer Center²⁴⁷ están trabajando en un proyecto conjunto con informáticos e ingenieros para conseguir datos específicos en la reconstrucción mamaria y craneal con el fin de lograr el desarrollo de sistemas de planificación para cirugía reconstructiva que utilicen la mecánica de tejidos y la imagen médica. Estos programas podrían ser útiles a la hora de planear la mejor osteotomía a realizar en un determinado paciente o para calcular el eje de distracción. Pueden servir para la navegación intraoperatoria, incluyendo la planificación de trayectorias de incisión, mediciones de la profundidad y orientación en cada punto y para la determinación de la posición, orientación y deformación de los huesos^{204,248}.

Llevando la planificación quirúrgica un paso más allá, algunos grupos han generado modelos que permiten una mejor comprensión de la función en el postoperatorio^{203,247}; tal es el caso del sistema de planificación asistido mediante ordenador para cirugía craneofacial de Zhao y cols.²⁴⁹, que permite predecir el resultado estético tras la cirugía así como las mejoras funcionales. Estas aplicaciones son particularmente útiles en áreas donde la precisión y el alineamiento son cruciales, como en la cirugía craneofacial o en la preparación de un miembro para la colocación de una prótesis²⁵⁰.

Pacifico y cols.²⁵¹ han utilizado un software ya comercializado, VonaVix 3D software (IVS solutions, Germany), para realizar reconstrucciones 3D y estudios preoperatorios a partir de imágenes del AngioTAC en mujeres sometidas a

reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Este software ya había sido empleado con anterioridad en otros campos quirúrgicos, como la neurocirugía o la otorrinolaringología, para visualizar la vascularización en diferentes localizaciones anatómicas^{252,253}.

Se ha empleado un interfaz de gráficos tridimensionales en pacientes quemados para mejorar el diagnóstico de la superficie corporal quemada mediante el dibujo a mano alzada sobre una figura 3D²⁵⁴. Toda la información obtenida con este programa se puede utilizar para construir una base de datos más precisa que permita la investigación en quemados²⁵⁵.

Kovacs y cols.²⁵⁶ utilizan la planificación quirúrgica mediante procesos virtuales de representación 3D para la reconstrucción de pacientes con quemaduras faciales complejas. Las quemaduras faciales extensas suelen conducir a grandes discapacidades funcionales así como a deformidades estéticas, con la consiguiente morbilidad psicológica para el paciente²⁵⁷. En las quemaduras grandes es esencial lograr una reconstrucción óptima, particularmente en el tercio medio facial, donde su localización hace muy difícil que el cirujano reconstructivo pueda evaluar la cantidad de daño estructural y pérdida tisular. El primer paso para la planificación de una cirugía reconstructiva en el caso de lesiones faciales importantes es conseguir una evaluación detallada del daño del tejido tisular remanente así como de la pérdida estructural. El cirujano debe hacerse una idea de la apariencia del paciente antes del accidente. Si no quedan suficientes características anatómicas que permitan recomponer visualmente el estado anterior, es necesario basarse en aspectos de la simetría a partir de marcas distintivas que permanezcan intactas. Mediante ellas se crea una imagen especular para realizar una estimación de las partes que faltan. Si esto no es posible debido a grandes pérdidas, el cirujano reconstructivo tiene que utilizar como recurso las analogías. La

mayor parte de estas analogías derivan de hallazgos y características comunes de grupos de personas fenotípicamente similares al paciente. Este proceso puede ser muy subjetivo, como lo es la planificación quirúrgica, que debería ser lo más exacta posible. Normalmente los cirujanos utilizan dibujos, plantillas y anotaciones para preparar sus intervenciones, pero confían más en su memoria visual, su imaginación y su experiencia. El registro de las superficies corporales de forma tridimensional y su visualización correspondiente están diseñados para introducir una mayor objetividad en estos procedimientos²⁵⁶.

Nosotros mismos hemos aplicado un programa de reconstrucción 3D para la planificación quirúrgica de procedimientos reconstructivos, con colgajos basados en perforantes, en pacientes con quemaduras eléctricas²⁵⁸. Mediante los métodos tradicionales muchos cirujanos han comprendido y se han familiarizado con la compleja anatomía de los colgajos libres. Aún así, incluso los textos más precisos y con las mejores imágenes se encuentran limitados por las dos dimensiones del material impreso, que no permite visiones en 3D. Otra restricción a los métodos tradicionales para el estudio de la anatomía de los colgajos de perforantes recae en la falta de interactividad y retroalimentación con la anatomía estudiada. Como complemento al conocimiento que se adquiere leyendo y observando, las disecciones en cadáver pueden jugar un papel importante en la enseñanza de la anatomía. Sin embargo, y desafortunadamente, las disecciones en cadáver no son una posibilidad en la mayor parte de las instituciones de enseñanza debido a su alto coste y limitada disponibilidad. Incluso cuando existen cadáveres disponibles el aprendizaje a través de ellos se encuentra limitado por la mala diferenciación de estructuras anatómicas y los planos de disección alterados a causa de los compuestos químicos que se emplean para su conservación, así como por la limitación del tiempo que puede emplearse en las salas de

dissección. Así pues, las relaciones complejas en 3D existentes entre los tejidos blandos, la vascularización y los elementos óseos, hacen que el dominio de la anatomía de los colgajos libres sea difícil y que suponga una larga curva de aprendizaje²⁵⁸.

El escaneado de las superficies corporales no permite registrar las propiedades físicas del objeto monitorizado. En las aplicaciones médicas esto significa que no se obtiene ningún tipo de información sobre la tensión tisular, la elasticidad o la densidad de los tejidos. La planificación quirúrgica mediante programas informáticos, útiles en la actualidad para la visualización espacial de estructuras complejas, podría mejorarse de forma sustancial si pudieran incluir estos aspectos.

Se han diseñado muchos sistemas utilizando mallas de elementos finitos para ayudar a los cirujanos plásticos en sus procedimientos de planificación, por la necesidad que existe de estirar y proporcionar nueva forma a la piel del paciente, minimizando la distorsión de los tejidos adyacentes. Entre estos sistemas se encuentra uno diseñado por Lee para generar expresiones faciales sintetizadas por ordenador¹⁷⁰. Kawabata y cols.²⁵⁹ también han utilizado la malla de elementos finitos para mejorar la representación de los tejidos y analizar los efectos de la Z-plastia y los movimientos de los tejidos blandos faciales.

1.2.3. REALIDAD VIRTUAL APLICADA A LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS QUIRÚRGICOS. EL PROYECTO VirSSPA

El propósito del proyecto VirSSPA (Virtual Sistema Sanitario Público Andalucía) es reducir el tiempo empleado en la planificación quirúrgica así como el tiempo operatorio, disminuyendo los riesgos derivados para el paciente. El desarrollo de este programa de realidad virtual ha sido realizado por un equipo multidisciplinar integrado por especialistas en desarrollo de aplicaciones de simulación y realidad virtual y por

profesionales médicos. Con esta herramienta se pretende dotar a los Hospitales Universitarios (HHUU) Virgen del Rocío de un conjunto de instrumentos y la infraestructura necesaria para su validación e implantación, que permita a los facultativos la planificación y la simulación de intervenciones quirúrgicas para una optimización de los resultados obtenidos.

El desarrollo de la aplicación se divide en dos módulos diferenciados en base a la funcionalidad específica de cada uno de ellos.

Módulo 1. Modelización y planificación.

El programa presenta un módulo básico de carácter general que incorpora todas las herramientas y funcionalidades que repercuten a nivel global en el funcionamiento de la aplicación. Estas son las herramientas 3D que, convenientemente adaptadas para la aplicación y utilizadas de forma adecuada, permiten construir procedimientos quirúrgicos complejos que hoy sólo pueden realizarse en tiempo real sobre la mesa de operaciones.

Este módulo permite además el diseño de nuevos tejidos, con lo que se dota a los usuarios de las herramientas necesarias para la creación de tejidos nuevos o la modificación de tejidos ya existentes sobre modelos reconstruidos a partir de captaciones. Permite también poder crear y corregir hueso y otros tejidos de forma virtual, previo paso a la cirugía “real”. Estas capacidades abrirán un nuevo campo de trabajo hacia futuras funcionalidades de simulación de comportamiento en tejidos sometidos a diferentes condicionantes físicos.

La jerarquización de la información es fundamental para que la aplicación pueda trabajar con diferentes fuentes simultáneamente. La construcción y generación del modelo a partir de varios DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine),

que a su vez provengan de diferentes métodos diagnósticos (TAC, RM), y la inserción de diversos elementos geométricos (implantes, instrumental y planos de sección), además de la reconstrucción con diferentes técnicas (filtros y semillas), nos obligan a disponer de una estructura interna que permita almacenar y manipular todos los objetos de forma racional y controlada. Se trata de aplicar técnicas ya utilizadas en otros ámbitos, como el de la ingeniería, adaptándolas a esta aplicación, además de prever necesidades futuras.

El formato DICOM es un estándar mundial para la transmisión y almacenamiento de imágenes médicas, desarrollado conjuntamente por el American College of Radiology (ACR) y el National Equipment Manufacturers Association (NEMA)²⁶⁰. El formato es realmente amplio y complejo y existen grandes volúmenes de documentación que abarcan todas las posibilidades y opciones definidas en el estándar.

Los prototipos existentes en el mercado permiten la visualización de un único modelo 3D generado a partir de imágenes provenientes de una captación DICOM. Si el usuario decide crear un nuevo modelo con unos valores de segmentación diferentes, el software elimina actualmente el modelo anterior antes de visualizar el nuevo. El programa VirSSPA propone, sin embargo, extender el concepto de modelo 3D a una estructura más compleja y jerarquizada utilizando una estructura en forma de árbol para representar las diferentes clases de tipologías que pueden aparecer dentro del modelo. Estos objetos pueden ser, por ejemplo, diferentes geometrías, luces, planos de corte, secciones, etc. (Figura 7).

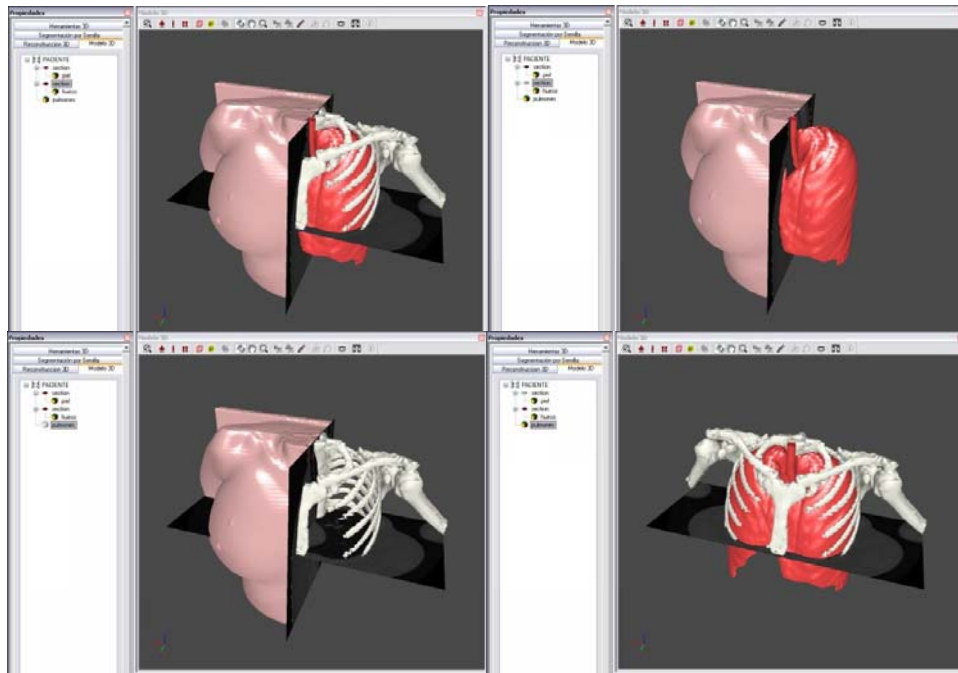


Figura 7. Ejemplo de diferentes visualizaciones que muestran las grandes ventajas que aporta el nuevo modelo 3D definido. En este caso, el modelo está formado por 3 nodos de geometría con diferentes planos de sección. La aplicación permite definir materiales diferentes para cada nodo, además de otras propiedades tales como visibilidad y transformación geométrica.

Es posible asignar diferentes tipos de información a cada uno de estos nodos del árbol, en función del tipo de objeto al que pertenezcan. Así, por ejemplo, podemos poner anotaciones a la geometría, indicando información de tipo subjetivo y de gran valor añadido para el usuario. Para permitir una visualización más clara es posible activar o desactivar los diferentes nodos y subárboles, con lo que conseguimos la representación o el borrado de todo lo que hay en cada uno de estos subárboles. Con esta nueva estructura, cada vez que el usuario decide generar un nuevo modelo 3D con unos valores de segmentación diferentes, el nuevo modelo 3D creado se añade al árbol como un nuevo nodo sin afectar en nada a los modelos creados anteriormente. Tal y como se puede ver en la figura 7 el nuevo modelo 3D no contiene únicamente nodos de geometría, sino que el árbol jerárquico puede contener nodos de diferentes tipos que

permiten presentar de una manera mucho más intuitiva elementos como secciones por un plano, capas de distancias lineales o superficiales o simplemente nodos intermedios que permiten estructurar el árbol de manera más lógica. La introducción de este nuevo concepto de modelo 3D, entendido como un árbol jerárquico de nodos con diferentes propiedades, supone una evolución muy importante hacia una aplicación 3D mucho más completa y prepara el camino hacia los módulos de simulación.

El software trabaja con un formato propio de almacenamiento que permite optimizar la organización de todos los datos. El fichero de datos contiene toda la información relativa a un modelo 3D generado a partir de una captación DICOM, y permite su recuperación completa sin pérdida de información relevante.

La aplicación dispone de una librería predefinida de materiales, en la que se incluyen algunos de los materiales más utilizados, como puede ser el material empleado para la simulación anatómica de los huesos y músculos. El usuario puede crear sus propios materiales y añadirlos a esta librería, con lo que un material puede ser usado en diferentes reconstrucciones de modelos 3D.

Una de las funcionalidades más interesantes del programa es la visualización por capas, en la que se aplican transparencias a los diferentes órganos reconstruidos a partir de una misma captación, para poder representarlos todos a la misma vez en una sola imagen de una manera más clara y didáctica. Gracias a ello es posible visualizar diferentes órganos internos a través de órganos externos lo cual permite, por ejemplo, ver los pulmones a través de la piel o los huesos a través del músculo, apreciando muy fácilmente la situación tridimensional de los diferentes órganos en relación con el resto de los elementos anatómicos (Figura 8).

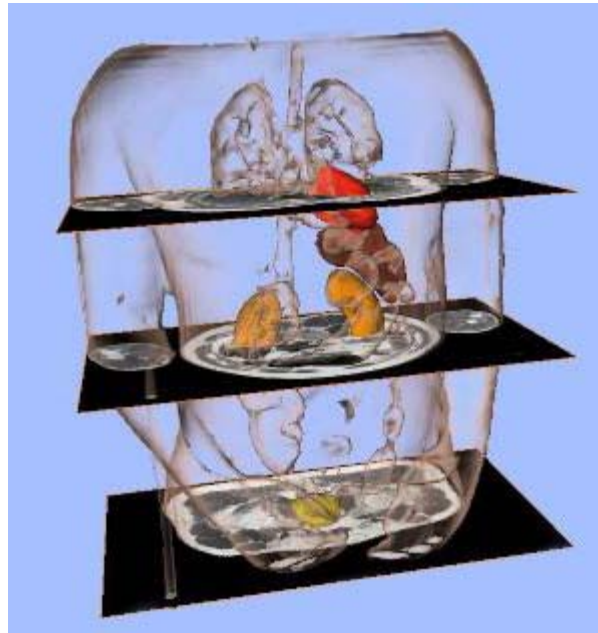


Figura 8. Visualización de un modelo 3D compuesto por diferentes órganos. Se observan con gran claridad a través de la piel los riñones, el corazón y el hígado. El hecho de tener la piel ayuda a situar mejor los diferentes órganos globalmente dentro del cuerpo del paciente.

Se ha dotado a la aplicación de la función de cálculo de distancias y volúmenes. Esta última, permite calcular de manera precisa los volúmenes de las diferentes zonas o regiones de interés de los modelos reconstruidos a partir de información DICOM. Gracias a ello el usuario puede obtener información totalmente objetiva sobre los tamaños de los diferentes elementos estudiados, lo que permite calcular, por ejemplo, la diferencia de volumen antes y después de una intervención quirúrgica. Esto es posible mediante una serie de herramientas interactivas específicas que permiten seleccionar la zona sobre la que queremos realizar el cálculo. Mediante el cálculo de distancias entre geometrías conexas se pueden comparar medidas del mismo tipo, o una misma medida en diferentes momentos a lo largo del tiempo. El aplicativo permite el cálculo tanto de la distancia lineal como de la distancia euclídea entre dos puntos cualesquiera del modelo, y de la superficial como la distancia de la línea que recorre la superficie entre dos puntos cualesquiera del modelo.

Las imágenes DICOM contienen un valor de propiedad asociado a cada punto de la imagen. Este valor de propiedad puede ser información de diversa naturaleza (densidad en el caso de una TAC o respuesta electromagnética en RM). La visualización por defecto establece una escala de grises que asocia el color negro (RGB 0,0,0) al valor mínimo, el color blanco (RGB 255,255,255) al valor máximo, y la interpolación lineal entre ambos a los valores intermedios. Pero esta visualización por defecto puede ser fácilmente mejorada si se permite al usuario modificar libremente parámetros de brillo y contraste (DICOM window width/level adjustment). En la figura 9 se muestra la mejora que esta herramienta puede ofrecer para la visualización del abdomen de un paciente.

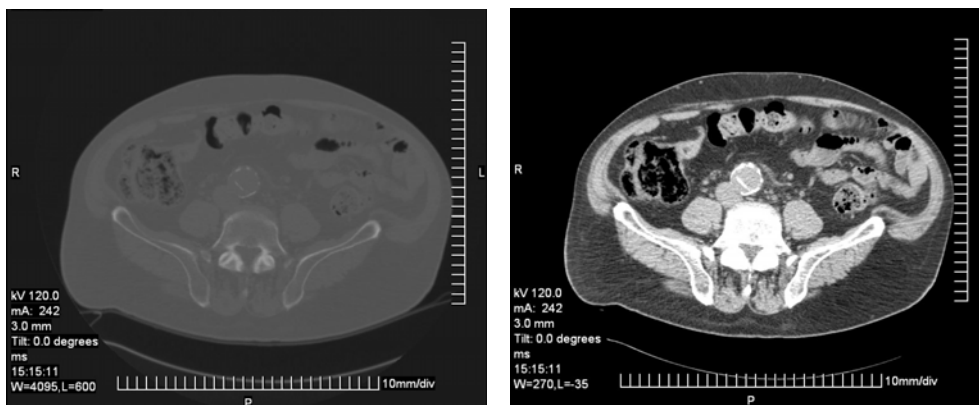


Figura 9. La visión en 2D de las imágenes DICOM puede ser mejorada añadiendo controles de brillo y contraste. El efecto es simplemente de visualización pero, tal y como se observa en la figura, el cambio puede permitir una mejor imagen de las estructuras internas.

La imagen DICOM en ambos casos es exactamente la misma, pero se han modificado los parámetros de brillo y contraste. Las imágenes de la figura 9 se han obtenido con el software AccuLite DICOM Viewer de la empresa AccuImage Diagnostics Corporation que se distribuye gratuitamente por Internet²⁶¹.

Para mayor comodidad y facilidad de uso por parte del usuario de las herramientas de creación de geometría desarrolladas en el módulo, se incluye la

posibilidad de que dentro de la ventana 3D, además de obtener una vista arbitraria ortogonal o en perspectiva, puedan utilizarse las vistas ortogonales clásicas, es decir, la vista frontal, el perfil y el alzado (Figura 10).

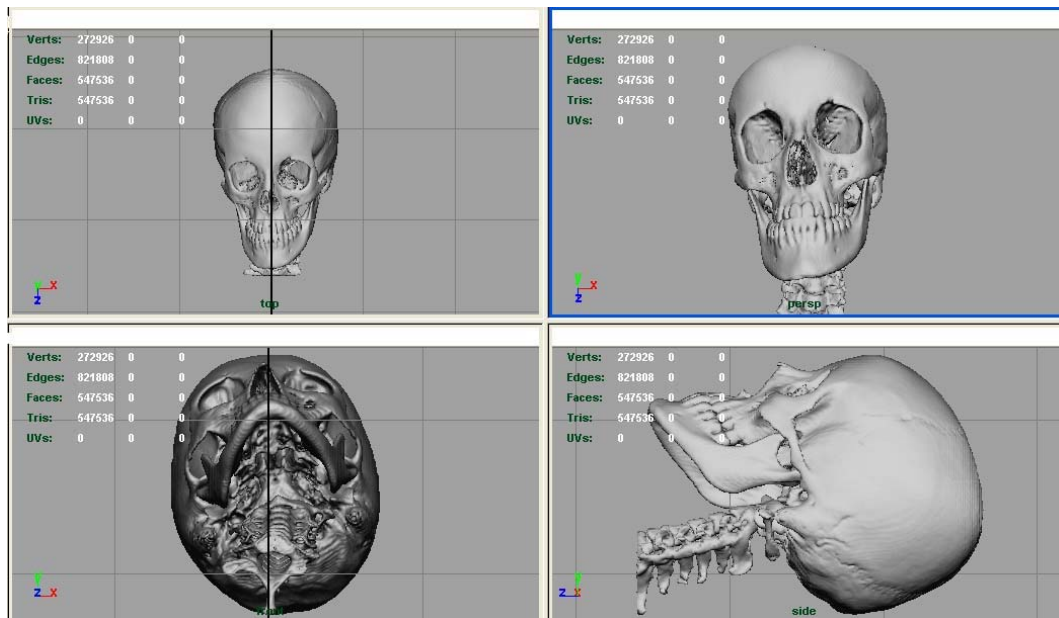


Figura 10. Representación de un cráneo desde las cuatro vistas clásicas, la superior, perspectiva, frontal y lateral.

La aplicación de extracción de caras planas permite seleccionar caras planas pertenecientes a algunos tejidos dentro de una geometría ya existente y recortarla o separarla de esta. Después de proceder a esta operación estas nuevas caras pasan a ser un objeto diferente con propiedades independientes del objeto original. De esta forma el usuario puede cargar el modelo de algún paciente ya existente y extraer de este modelo parte de la geometría, pudiendo añadir este tejido extraído en algún otro lugar. De la misma manera en que se definían las secciones virtuales, la aplicación permite cortar geometrías tridimensionales a partir de planos de corte. En esta función el corte se produce realmente en el modelo, creando nuevos objetos y nuevas caras (Figura 11).

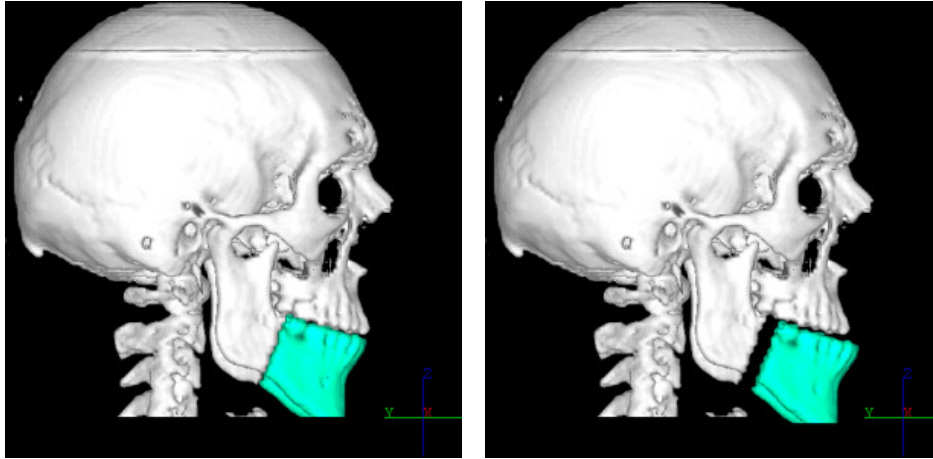


Figura 11. Corte de la geometría mediante la utilización de dos planos de corte y extracción de un trozo de la mandíbula.

El software del programa permite también poder realizar trayectorias con la cámara así como animar los movimientos de la geometría. Esto incluye tanto las manipulaciones y transformaciones geométricas efectuadas a cada uno de los modelos 3D como el control de la cámara y los cambios en el punto de vista. Todo ello puede ser almacenado en un archivo en el disco duro, lo cual posibilita que sea recuperado y reproducido fielmente por otras personas en sesiones posteriores. De esta manera, dada una simulación cualquiera, el usuario puede ir desplazándose por la escena virtual 3D, cambiando el punto de vista en busca del mejor ángulo en cada momento para observar la simulación.

Es posible grabar todos los comandos que se han realizado dentro de una sesión de trabajo, o a partir de cierto momento, con lo que el usuario reproduce de manera secuencial todo lo que ha hecho, permitiendo a los profesionales médicos grabar una sesión completa para utilizarla como planificación para una determinada operación quirúrgica que tendrá lugar más adelante. Los videos generados de la aplicación se almacenan en un formato ampliamente extendido como es el AVI (Audio Video Interleave) de Windows, para permitir la visualización independiente desde fuera de la aplicación. La generación de videos aporta la posibilidad de generar videos-tutoriales

donde el usuario-aprendiz puede observar cómo un experto ha ido desarrollando el proceso en su totalidad.

Módulo 2. Simulación

El segundo módulo abarca el complejo ámbito de la simulación quirúrgica, orientado tanto a la formación y entrenamiento de cirujanos como a la preparación de intervenciones quirúrgicas de valoración de contorno corporal y de reconstrucción de cabeza y cuello. Este módulo se centra esencialmente en la simulación de entornos faciales para las intervenciones quirúrgicas de cabeza y cuello, modelizando estructuras anatómicas como son los huesos. Mediante este módulo se definen procesos de manipulación geométrica que permiten, de forma sencilla e intuitiva para los profesionales sanitarios, realizar pruebas y manipulaciones virtuales de cara a la mejor comprensión y preparación de una intervención, facilitando la planificación quirúrgica más precisa posible.

En el contexto de la simulación y la planificación quirúrgica, el programa VirSSPA constituye un enfoque único en la forma en que los sistemas informáticos se pueden utilizar para planificar quirúrgicamente una intervención. Los trabajos anteriores se han centrado en construir modelos mecánicos de tejidos blandos en los que se pueden probar diversos procedimientos o en crear sistemas de imágenes que interpretan la morfología del paciente. Este programa aúna los dos componentes en un entorno de simulación gráfica donde los procesos de simulación están vinculados al modelo gráfico. Por tanto, este enfoque es crucial para una exitosa aplicación clínica del análisis mecánico de tejidos blandos porque el cirujano no posee ni el tiempo ni el entrenamiento requerido para planificar una cirugía reconstructiva con colgajos basados en perforantes con un nivel de detalle adecuado sin el apoyo de técnicas complementarias.

2. JUSTIFICACIÓN Y ACREDITACIONES PREVIAS

2.1. JUSTIFICACIÓN

El impacto psicológico causado por la cirugía radical del cáncer de mama es diferente al de cualquier otro tratamiento oncológico y afecta a algo que es distintivo de feminidad, a la autoestima, a la percepción de la propia imagen y a la sexualidad, además del impacto causado por la propia enfermedad. La reconstrucción mamaria tras la mastectomía es una opción decisiva que contribuye a disminuir o a evitar posibles trastornos emocionales, debidos a la sensación de mutilación y agresión provocados por el cáncer mamario. Esta alternativa es clave en el desarrollo del proceso rehabilitador en las pacientes mastectomizadas puesto que, al permitir la posibilidad de recuperar una imagen corporal adecuada, evita la pérdida de autoestima e impide que las emociones negativas se apoderen del estado de ánimo en un momento en que estas podrían interferir negativamente en el restablecimiento de la salud.

Las secuelas psicosociales en la vida de las pacientes mastectomizadas incluyen una percepción pobre de la imagen corporal²⁶², depresión severa, baja autoestima, y alteraciones del comportamiento social y de las relaciones laborales²⁶³. En los últimos años existen múltiples estudios que documentan los beneficios sociales, emocionales, psicológicos y funcionales de la reconstrucción mamaria, incluyendo una mejora de la salud psicológica, de la autoestima²⁶⁴, de la sexualidad y la percepción de la propia imagen²⁶³ y un descenso del umbral de preocupación por la recurrencia del cáncer²⁶⁵. La literatura proporciona evidencias consistentes que sustentan que la reconstrucción mamaria postmastectomía es el determinante más importante de salud y bienestar a largo plazo en pacientes con cáncer de mama.

La reconstrucción mediante tejido autólogo es considerada el “gold standard” para la reconstrucción de la mama en mujeres, logrando un aspecto y una textura muy naturales. A pesar de estas importantes ventajas, la reconstrucción mamaria con colgajo

DIEAP no es un procedimiento fácilmente reproducible, siendo su principal limitación la complejidad quirúrgica y una curva de aprendizaje larga. La mayor dificultad técnica de este colgajo reside en la localización y elección de la perforante adecuada en flujo y posición para nutrir el colgajo, así como en la disección intramuscular de dicha perforante, requiriendo un extenso conocimiento de la anatomía quirúrgica y una cuidadosa disección a través de las fibras musculares.

No es fácil predecir cuantas perforantes presentará el colgajo, su calibre, el punto donde penetran la fascia y su trayectoria intramuscular. Sin una cuidadosa planificación prequirúrgica, el cirujano puede desconocer si ese territorio ha sufrido una agresión quirúrgica previa así como la existencia de cicatrices abdominales o variaciones anatómicas. La distribución anatómica de estas perforantes abdominales es altamente irregular, por lo que una precisa evaluación preoperatoria de la anatomía vascular de la pared abdominal es extremadamente valiosa para la mejora de la técnica, la estrategia quirúrgica y para llevar a cabo procedimientos más rápidos y seguros para el paciente⁶⁶.

El colgajo DIEAP comenzó a utilizarse para la RPM en nuestro hospital en el año 2003. En enero del año 2008 nos introdujimos en la validación y aplicación clínica de la herramienta de realidad virtual VirSSPA con el Subproyecto de Investigación Experimental “Aplicación clínica de la herramienta VirSSPA en Cirugía Plástica en HHUU Virgen del Rocío: subproyecto DIEAP-VirSSPA”; una ampliación del proyecto inicial “Realidad Virtual Aplicada a la Optimización de los Procesos Quirúrgicos” llevado a cabo por la Red de Hospitales Públicos de Andalucía en colaboración con la Fundación Alcalá Innova y la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Sevilla para el desarrollo del aplicativo VirSSPA.

El entorno 3D que se crea con la herramienta de realidad virtual VirSSPA a partir del AngioTAC abdominal, así como la posibilidad de interaccionar con el mismo, permite planificar de forma precisa el abordaje quirúrgico del colgajo. Esta herramienta posibilita no sólo localizar los vasos perforantes DIEAP, sino evaluar también de manera global la planificación quirúrgica e interaccionar con el campo operatorio de forma no invasiva.

Los procesos reconstructivos, como el que nos ocupa, deben ser valorados y estudiados en la medida en que se pueda obtener de ellos los resultados más satisfactorios para el paciente así como la mayor efectividad. Por ello, creemos necesaria una valoración objetiva y un estudio de la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP con la herramienta de realidad virtual VirSSPA para obtener los mejores resultados funcionales y estéticos en nuestras pacientes con la menor morbilidad y en el menor tiempo quirúrgico posible.

2.2. ACREDITACIONES

El estudio que presentamos recibió la autorización de la Comisión de Investigación y Ensayos Clínicos del Hospital Universitario Virgen del Rocío, siendo solicitado por la Fundación Reina Mercedes para la Investigación Sanitaria y subvencionado por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía (programa Promoción de la Salud). El proyecto VirSSPA se ha desarrollado entre los años 2005 y 2008 siendo el investigador principal Carlos Luís Parra Calderón y consta de los siguientes proyectos abajo reseñados:

- “Realidad Virtual aplicada a la Optimización de procesos quirúrgicos” (Expediente 47/05).
- “Realidad Virtual aplicada al entrenamiento de cirujanos” (Expediente 49/06).

-
- “Gestión de Conocimiento integrada en un entorno de Realidad Virtual” (Expedientes 316/07 y 44/08).

El contenido de esta tesis es el resultado de dos estudios sobre la aplicación de las herramientas de realidad virtual en la planificación quirúrgica de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Ambos estudios se complementan entre sí.

El primero de ellos **“Validación de una herramienta de realidad virtual para la planificación prequirúrgica de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP”**, ha generado unos resultados que ya han sido presentados en el VI Foro de Investigadores de HHUU Virgen del Rocío y I Claustro del Instituto de Biomedicina de Sevilla-IBIS, en el XLIII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora (SECPRE) y en la XXI Reunión de la Sociedad Andaluza de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora (SACPRE); y publicados como: “A three-dimensional virtual reality model for limb reconstruction in burned patients” en la revista Burns, Journal of the International Society for Burn Injuries; “Use of a three-dimensional virtual reality model for preoperative imaging in DIEP flap breast reconstruction” en la revista Journal of Surgical Research; y “The virtual reality tool VirSSPA in planning DIEP microsurgical breast reconstruction” en la revista International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery.

El segundo estudio **“Estudio comparativo de reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP con la aplicación del programa VirSSPA”** es un estudio de casos y controles para establecer las ventajas y utilidades que esta herramienta puede introducir en la técnica quirúrgica del colgajo DIEAP. Estos resultados forman parte del estudio “Computerised tomography angiography with VirSSPA 3D-software for perforator navigation improves perioperative outcomes in DIEP flap breast

reconstruction” aceptado para publicación en la revista Journal of Plastic and Reconstructive Surgery. Los resultados generados han sido presentados también en la conferencia internacional Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS) 2009 en Berlín, en la XXVIII Reunión Nacional de la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria y en la XXIV Reunión Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio.

Cada uno de los artículos publicados y comunicaciones que se han realizado con estos resultados pueden verse en el apartado 13, titulado “Acreditaciones del Proyecto”.

3. HIPÓTESIS

Consideramos que la realidad virtual es un gran recurso para los profesionales médicos, especialmente en el ámbito de la cirugía reconstructiva, puesto que la inspección interactiva de determinadas estructuras permite la introducción de mejoras sustanciales en el ámbito de la formación, diagnóstico no invasivo y planificación de intervenciones quirúrgicas. Así pues, sostenemos como hipótesis de trabajo conceptual:

La planificación quirúrgica asistida mediante el programa de realidad virtual VirSSPA para la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP optimiza el proceso quirúrgico aumentando la fiabilidad de las decisiones, reduciendo el tiempo de toma de las mismas y aumentando la eficacia de las intervenciones. Todo ello provoca una mejora de la calidad global, que redundará en beneficios directos al paciente.

A nivel operativo hipotetizamos:

- Que el software aplicativo del programa de reconstrucción tridimensional VirSSPA muestra una precisión y exactitud en las medidas similar a las obtenidas durante el proceso quirúrgico, con una perfecta adaptación del sistema a la realidad.
- Utilizando esta herramienta en los procesos mamarios reconstructivos microquirúrgicos con colgajo DIEAP se consigue disminuir el tiempo operatorio.
- Las complicaciones tras reconstrucción de mama con colgajo DIEAP aplicando la herramienta VirSSPA para la planificación quirúrgica son comparativamente menores que las debidas a otras herramientas registradas en la bibliografía existente.
- Existen circunstancias y factores que pueden afectar los resultados y que debemos tener en cuenta al indicar esta técnica de reconstrucción mamaria.

- El aplicativo VirSSPA permite que la toma de decisiones en la fase de planificación quirúrgica pueda realizarse de forma más rápida y fiable, y que los profesionales con un grado de experiencia o conocimiento más bajo se beneficien del valor añadido que esta aplicación proporciona para tomar decisiones con el mismo grado de fiabilidad que los profesionales expertos.

4. OBJETIVOS

Este proyecto tiene como objetivo demostrar un incremento en las tasas de éxito de este tipo de intervención así como una disminución de los tiempos de quirófano y la morbilidad quirúrgica gracias al uso de la herramienta de realidad virtual VirSSPA para la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

A) Objetivos generales

1. Validación de la herramienta VirSSPA de realidad virtual para la localización de perforantes abdominales en la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.
2. Demostrar que el programa VirSSPA permite una planificación quirúrgica con datos adicionales y más precisos que los proporcionados por las otras técnicas publicadas para el mapeo de perforantes en la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP, con respecto a la localización de perforantes y a su trayecto intramuscular.
3. Optimizar el proceso de planificación quirúrgica en intervenciones reconstructivas mamarias con tejido autólogo mediante el uso de una herramienta de ayuda a la planificación que permita la disminución del tiempo de programación de la intervención y del tiempo operatorio, así como la mejora de los resultados en dichas intervenciones.
4. Pilotar la introducción de esta herramienta en nuestra actividad quirúrgica reconstructiva como paso previo a la extensión de esta tecnología a otras especialidades médicas y quirúrgicas.

5. Llevar a cabo un estudio comparativo entre la técnica de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP “clásica” y aquella en la que la planificación prequirúrgica se ha realizado con el aplicativo VirSSPA, mediante la definición y estudio de objetivos cumplidos (resultados), riesgos para el paciente (morbilidad) y costes de la actividad, por medio de indicadores que permitirán valorarlos.

6. Detectar e identificar qué otros factores pueden influir en los resultados obtenidos con las dos técnicas microquirúrgicas que podrían explicar la gran variabilidad de los encontrados en la literatura.

B) Objetivos específicos

7. Disminución del tiempo quirúrgico. La disminución del tiempo de quirófano necesario para la intervención supondrá la reducción de costes (coste horas-quirófano) para la Administración. Asimismo, aumentará la calidad asistencial a las pacientes con la consiguiente reducción de riesgos sobre la salud de las mismas.

8. Disminución del tiempo de disección del colgajo DIEAP, lo que supondrá un aumento de la calidad de trabajo de los profesionales sanitarios, evitando el cansancio y la falta de concentración a consecuencia de las intervenciones de larga duración.

9. Incremento de las tasas de éxito en las intervenciones microquirúrgicas para reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP tras la introducción de la herramienta VirSSPA de realidad virtual.

5. MATERIAL Y MÉTODO

5.1. VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE REALIDAD VIRTUAL VirSSPA EN LA PLANIFICACIÓN PREQUIRÚRGICA DEL COLGAJO DIEAP

5.1.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

Estudio observacional descriptivo prospectivo de una muestra de 12 pacientes mastectomizadas y sometidas a reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP durante el periodo de inclusión establecido, atendidas en el Servicio de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío (Sevilla).

5.1.2. PERÍODO DE ESTUDIO

Se incluyeron las pacientes intervenidas de forma consecutiva en el período comprendido entre el 1 de Diciembre del año 2007 y el 30 de Abril del año 2008.

5.1.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se seleccionó una cohorte de 12 mujeres que de forma consecutiva fueron sometidas a una reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP en el servicio de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío, y en las que se realizó la planificación prequirúrgica con la herramienta de realidad virtual VirSSPA.

5.1.3.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes mastectomizadas con indicación de reconstrucción quirúrgica mediante colgajo DIEAP.
- Pacientes que hubieran firmado el Consentimiento Informado para tal fin y a las que se hubiera explicado convenientemente el uso de la herramienta de realidad virtual VirSSPA para la planificación prequirúrgica de su intervención.

5.1.3.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Tabaco. Cualquier paciente que fumara activamente en la fecha de la intervención no fue admitida en nuestro estudio.
- Radioterapia postoperatoria tras la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

5.1.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS CASOS

Las pacientes eran identificadas para su inclusión en el estudio a través de las Consultas de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío por todos los Facultativos Especialistas de Área del Servicio. Una vez identificadas eran remitidas a una Sesión semanal de Microcirugía que tenía lugar los miércoles a las 08:15 horas. En esta sesión eran valoradas por el equipo quirúrgico que llevaba a cabo la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP para la indicación definitiva del procedimiento y su inclusión en lista de espera quirúrgica.

A partir del 1 de Diciembre del año 2007, en todas las pacientes incluidas en lista de espera quirúrgica para reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP se realizaba una planificación preoperatoria con la herramienta de realidad virtual VirSSPA.

5.1.5. VARIABLES DE ESTUDIO

Se estudió la variable distancia entre el punto exacto en que la perforante emerge a través de la fascia del músculo recto abdominal y el ombligo de la paciente, obtenida mediante la reconstrucción 3D de la pared abdominal con VirSSPA, y comparada con la distribución y las medidas reales de la misma obtenidas durante la intervención quirúrgica. Estas mismas medidas eran recogidas también de forma intraoperatoria por el cirujano y la investigadora y se plasmaban en una hoja de cálculo realizada con el programa Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft, EEUU).

5.1.6. INDICACIÓN QUIRÚRGICA

La reconstrucción postmastectomía está incluida en el tratamiento de las pacientes con indicación de mastectomía en la mayoría de los documentos, directrices y recomendaciones sobre la terapia del cáncer de mama^{155,156}.

En Agosto de 2007 se publicó la “Guía de buena práctica en cirugía oncoplástica de la mama”¹⁵⁷ que recoge de manera amplia los distintos aspectos de la RPM. Tras este documento tuvo lugar en Valencia, en Septiembre de ese mismo año, una Conferencia de Consenso auspiciada por la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria en la que se elaboró un Documento de Consenso. Este Documento se aplica y sirve de base para el protocolo de reconstrucción mamaria que se utiliza en todas aquellas mujeres intervenidas quirúrgicamente para RPM en el Hospital Virgen del Rocío. Los pormenores del documento así como los criterios de selección de pacientes para este tipo específico de reconstrucción mamaria con tejido autólogo ya han sido descritos anteriormente bajo el apartado Introducción.

5.1.7. TRATAMIENTO

Todas las investigaciones y procedimientos fueron realizados en su totalidad en el Hospital Virgen del Rocío con el mismo equipo de radiólogos y cirujanos plásticos.

5.1.7.1. PREOPERATORIO

De forma previa a la intervención quirúrgica, a todas las pacientes se les realizaba un AngioTAC abdominal. Tras entregar la solicitud de petición del estudio radiológico al Servicio de Radiología, las pacientes eran citadas en el TAC del Hospital de Traumatología un martes (día asignado por Radiología a los pacientes de la Unidad de Abdomen). El mismo día, o al día siguiente de que se hubiera realizado la prueba

radiológica, los archivos DICOM eran recuperados del disco duro del ordenador asociado al TAC del Hospital de Traumatología por el personal de enfermería, que los entregaba al Servicio de Cirugía Plástica para proceder a la reconstrucción tridimensional mediante el aplicativo VirSSPA.

En el Hospital de Rehabilitación y Traumatología al que pertenece el servicio de Cirugía Plástica se utiliza un TAC multicorte de 16 coronas General Electric LightSpeed (General Electric Company, Fairfield, CT, USA). Los parámetros del TAC se encuentran resumidos en la tabla 2. Para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP se realizaron TAC estándar con cortes finos (0,63 mm).

Tipo escáner: TAC multicorte helicoidal.

Grosor del corte: detector de 16 coronas x haz de colimación 0,63 mm anchura

Helical detector pitch: 1,37

Velocidad de rotación de la estructura: 0,37 s

Potencia del tubo: 120 kV

Corriente del tubo: 275 mA

Contraste i.v.: Omnipaque 350 100 ml IVI 4ml/s

Amplitud del escaneado: Desde la sínfisis del pubis hasta 4 cm sobre el ombligo

Dirección del escaneado: Caudo-craneal

Aplicación del contraste: Desde la arteria femoral común (100 HU, mínimo decalaje)

TAC, tomografía axial computerizada; i.v., intravenoso; IVI, inyección intravenosa; HU, unidades Hounsfield.

Tabla 2. Parámetros del TAC con el que se realizaron los AngioTAC abdominales en todas las pacientes.

Se administraron 100 ml de contraste iodado a 4ml/s para conseguir las imágenes de AngioTAC abdominal desde el nivel del diafragma hasta las cabezas femorales. Se obtuvieron secciones desde 4 cm por encima del ombligo hasta el troquiter femoral durante una sola inspiración del paciente. El tiempo aproximado de adquisición de las imágenes fue de 10-12 segundos. El procedimiento completo duraba

menos de 10 minutos y era muy bien tolerado por las pacientes. El conjunto de datos volumétricos adquiridos durante esta exploración se utilizaba para reconstruir imágenes con una anchura de corte de 0,63 mm y un intervalo de reconstrucción de 0,8 mm. Los cortes generados se exportaban como archivo compatible DICOM en un CD-ROM que se podía cargar en cualquier ordenador portátil.

Para realizar la reconstrucción 3D que permitiera una planificación quirúrgica, estos archivos DICOM eran cargados por la investigadora en un ordenador portátil con el programa VirSSPA instalado. En primer lugar se seleccionaba una imagen DICOM de la región de interés a reconstruir, en este caso el área periumbilical (Figura 12).

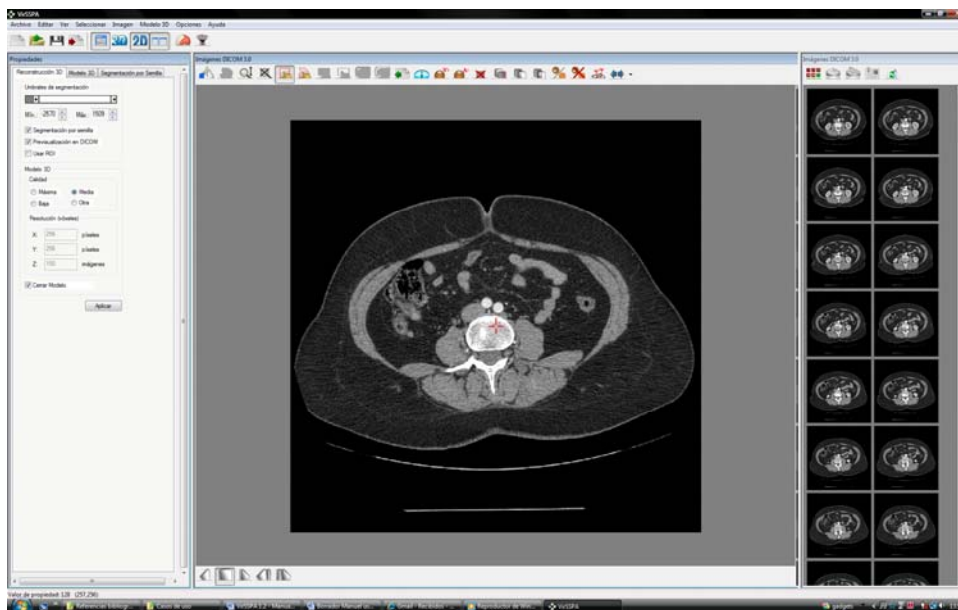


Figura 12. Se ha seleccionado el corte de la región de interés (área periumbilical).

Era muy importante seleccionar la imagen DICOM con la orientación adecuada en el espacio para no confundir los dos hemi-abdomenes derecho e izquierdo en la reconstrucción. La investigadora seleccionaba, mediante una aplicación del programa, los tejidos de la pared abdominal eliminando el resto de tejidos innecesarios. El resultado que se obtenía tras esta selección se muestra en la figura 13.

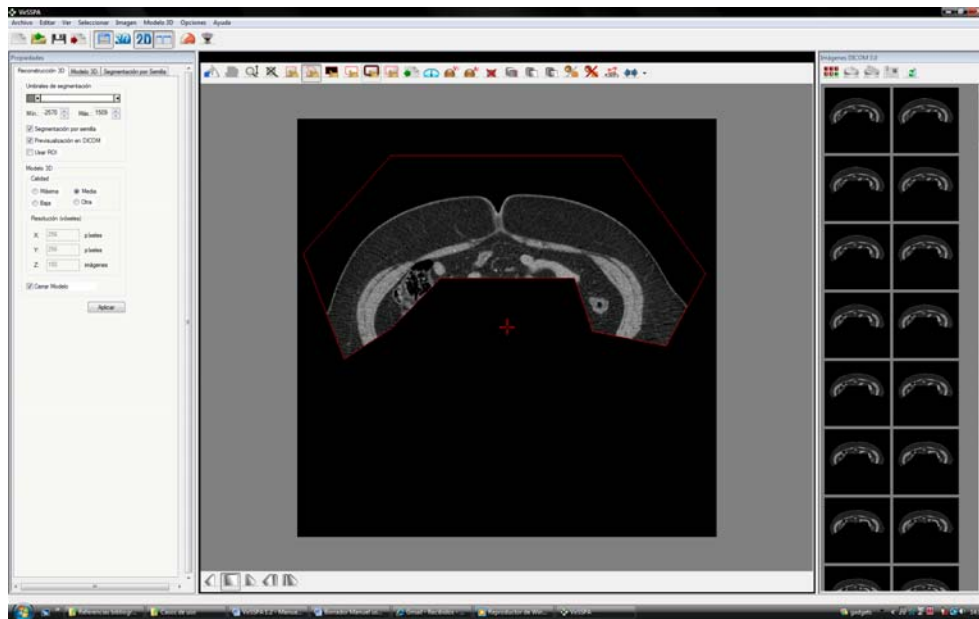


Figura 13. Selección de la información de la pared abdominal.

Los tejidos blandos de la región seleccionada se segmentaban utilizando un algoritmo iterativo umbral²⁶⁶. La investigadora marcaba un rango de intensidad de grises en los píxeles de la imagen. Los píxeles se seleccionaban y se coloreaban en verde si cumplían el siguiente criterio de inclusión:

$$I_{min} \leq I(x,y) \leq I_{max}$$

donde I_{min} representa el valor mínimo de intensidad de grises y I_{max} el máximo valor de intensidad de grises. $I(x,y)$ es el valor de intensidad de gris del píxel colocado en la posición (x,y) de la imagen que cumple la condición de inclusión. En la figura 14 puede verse el tejido blando segmentado en verde.

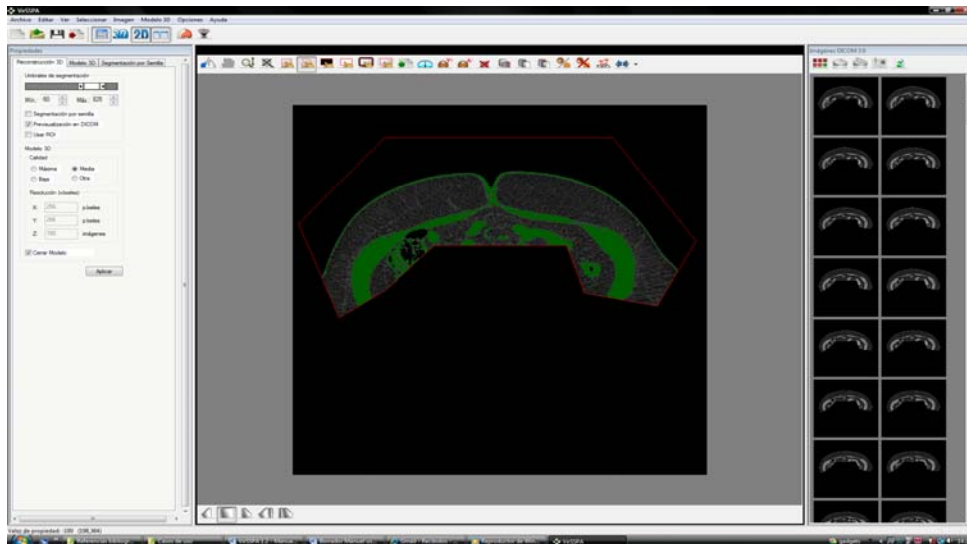


Figura 14. Imagen segmentada utilizando el método del algoritmo lineal (píxeles en verde).

Una vez que la imagen era segmentada VirSSPA reconstruía el modelo 3D de la pared abdominal de la paciente (Figura 15).

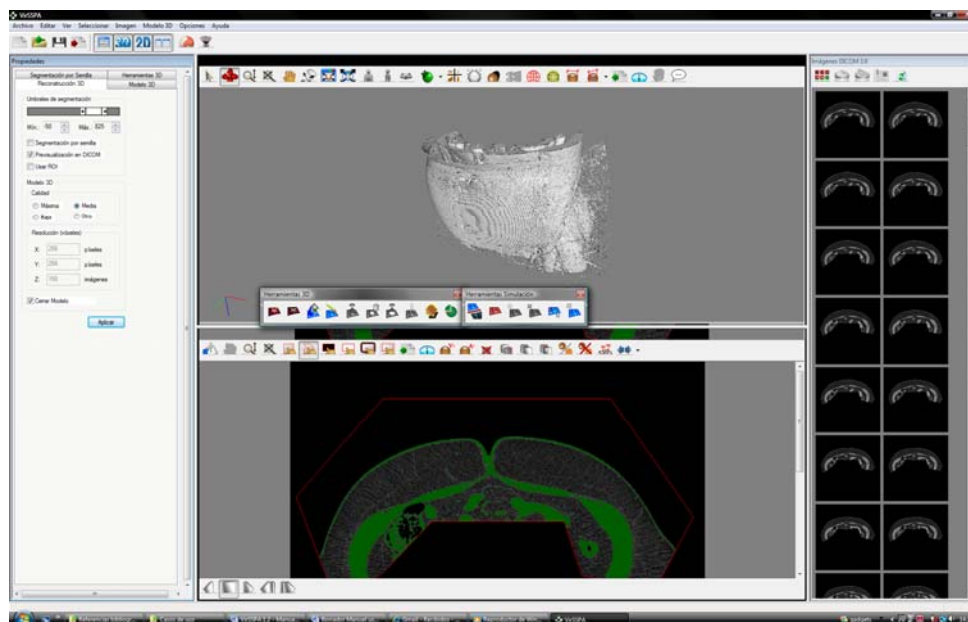


Figura 15. Reconstrucción 3D de la pared abdominal mediante VirSSPA a partir de la ventana de imágenes en dos dimensiones.

Se seguían los mismos pasos para generar el modelo 3D de la piel abdominal de la paciente (Figura 16).

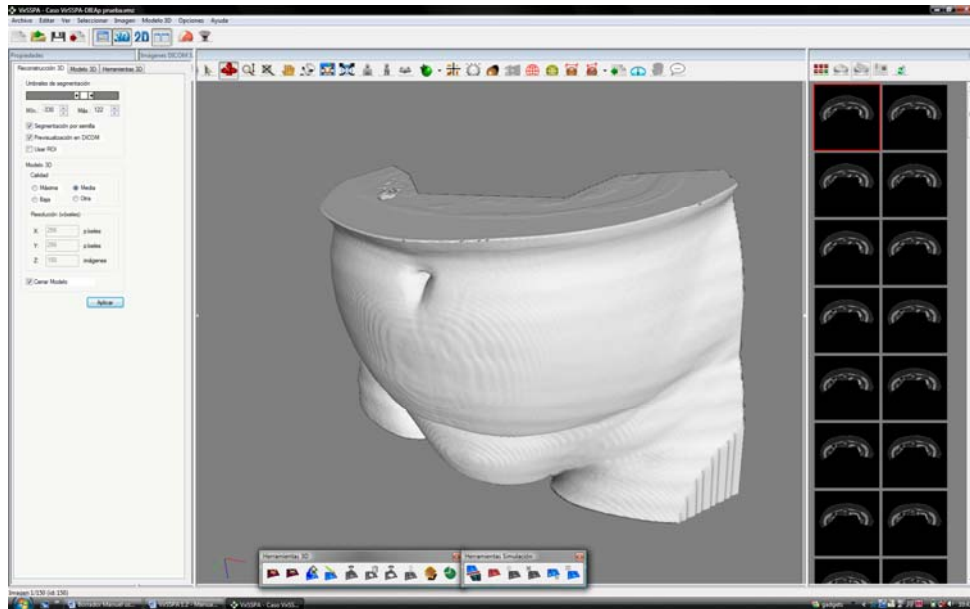


Figura 16. Reconstrucción 3D de la piel de la pared abdominal de la paciente.

Basándonos en esas imágenes de TAC se llevaba a cabo una reconstrucción en 3D de la pared abdominal para localizar de forma precisa el punto exacto en que las perforantes abdominales emergían a través de la fascia del músculo recto abdominal (Figura 17).

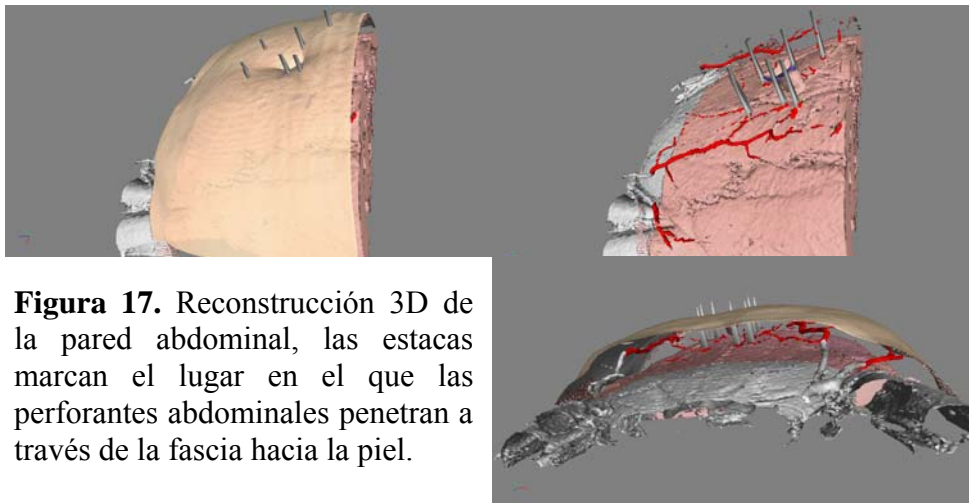


Figura 17. Reconstrucción 3D de la pared abdominal, las estacas marcan el lugar en el que las perforantes abdominales penetran a través de la fascia hacia la piel.

En las figuras 18 y 19 puede verse cómo la investigadora disecaba las perforantes abdominales de la paciente.

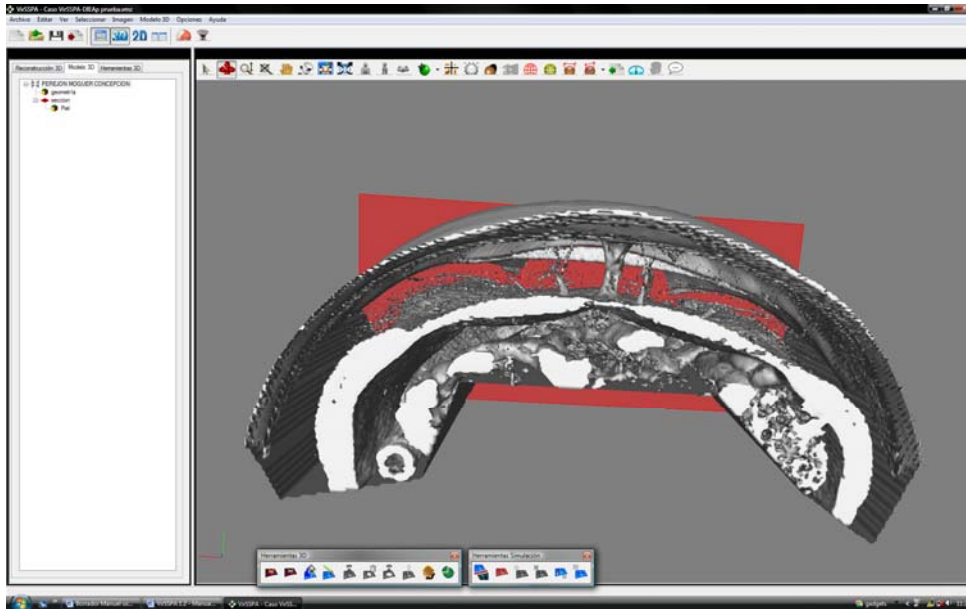


Figura 18. Disección virtual de las perforantes abdominales.

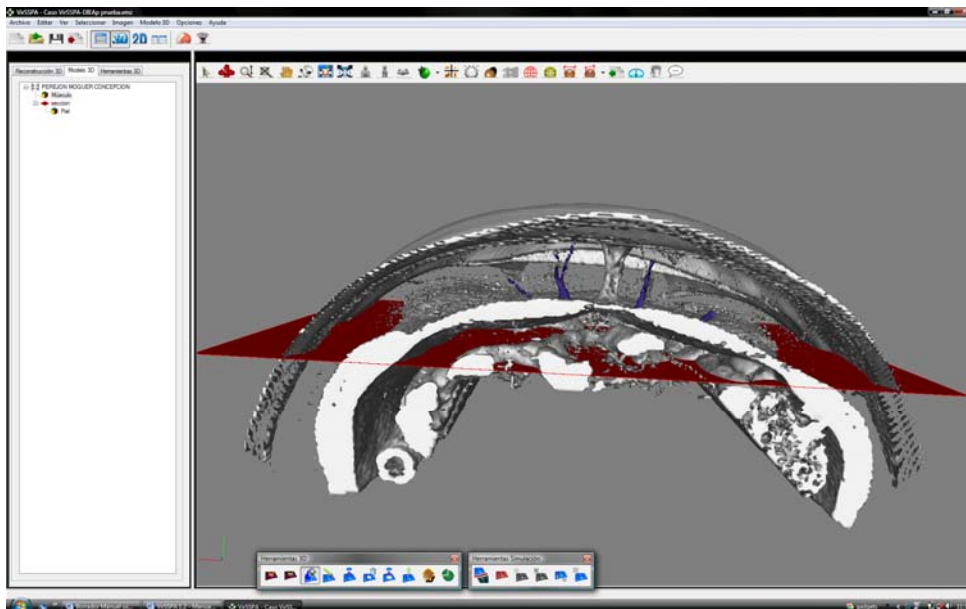


Figura 19. Las herramientas virtuales permiten la selección de las perforantes (en azul).

El programa VirSSPA creaba, mediante la reconstrucción 3D, un espacio virtual para la disección quirúrgica de las estructuras (Figura 20).

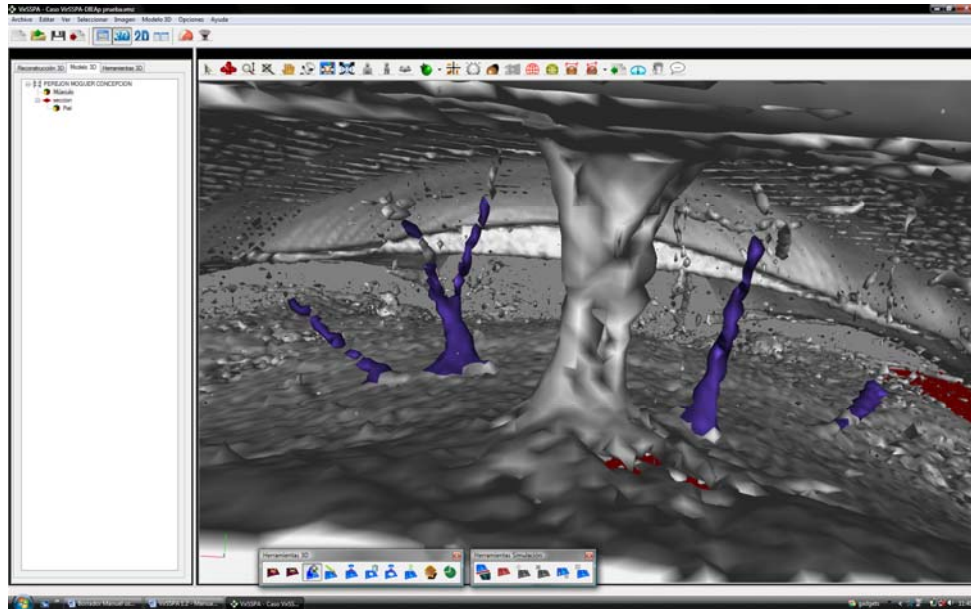


Figura 20. Espacio virtual para la disección quirúrgica de estructuras.

Los modelos 3D de la pared abdominal reconstruida se programaban para que pudieran ser cargados en un ordenador portátil y visualizados en una pantalla de alta resolución. Una vez completada la disección de las áreas de interés podían asignarse texturas y transparencias al modelo 3D. Esta aplicación incrementaba la definición gráfica de los biomodelos. Cada una de las estructuras se individualizaba y se le asignaban códigos de color específicos a cada nivel de corte axial (Figura 21).

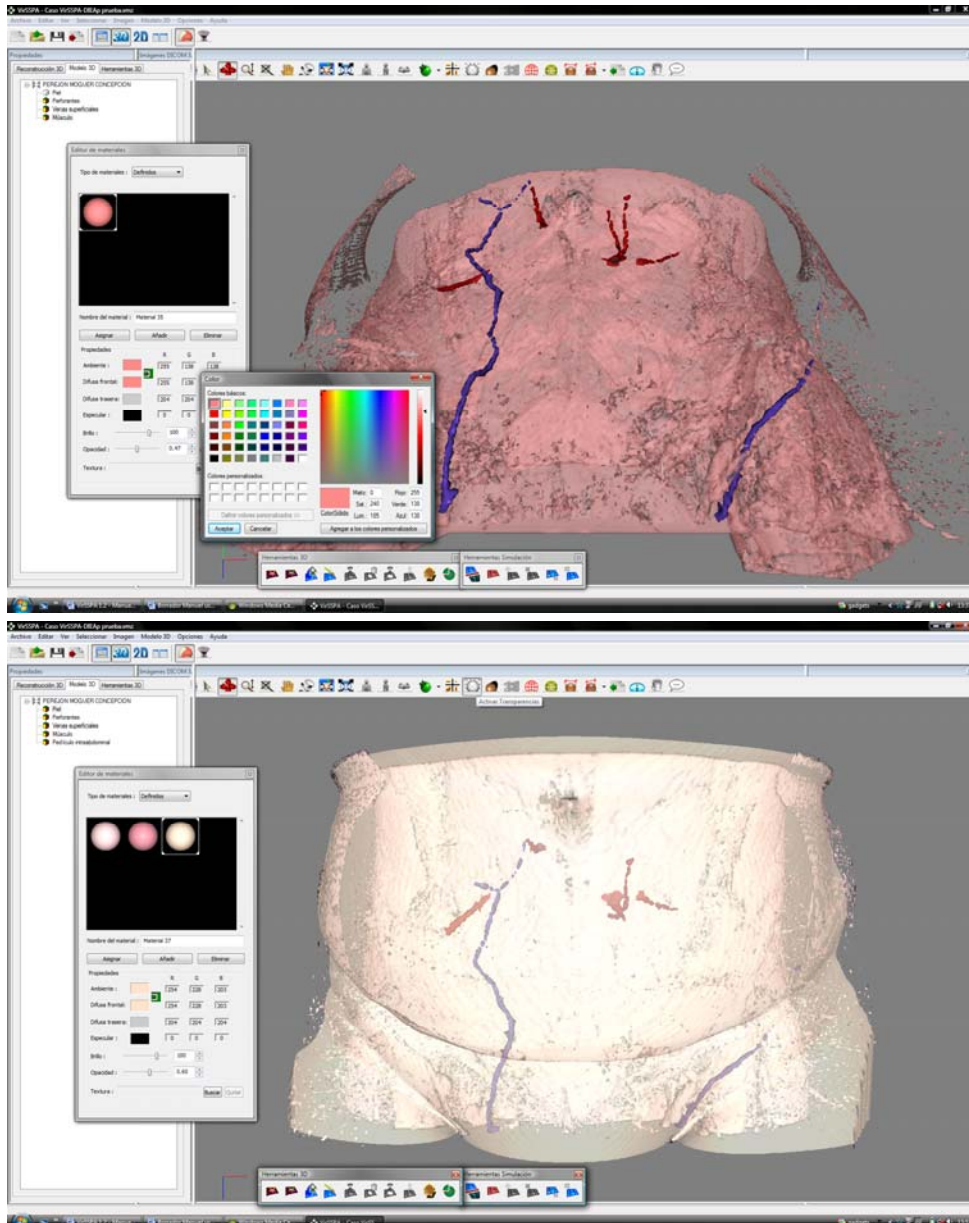


Figura 21. Reconstrucción 3D con las texturas y transparencias asignadas por la aplicación VirSSPA.

Se hallaban las distancias, medidas mediante una aplicación del programa VirSSPA, entre la localización exacta del punto donde emergían las perforantes a través de la pared abdominal y el ombligo (Figura 22).

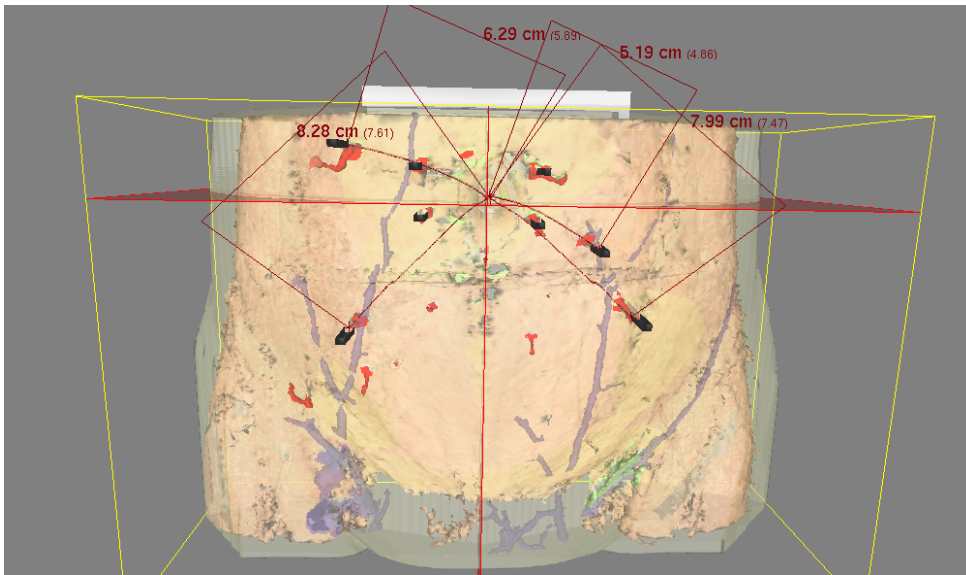


Figura 22. Textura de la piel modificada de tal manera que puedan verse los vasos subyacentes por transparencia. Medidas de las distancias de las perforantes al ombligo.

Una vez obtenida la reconstrucción tridimensional de la pared abdominal mediante VirSSPA se imprimían dos plantillas, una de la piel abdominal en la que se veían las perforantes subyacentes por transparencia y otra de la pared abdominal con las perforantes emergiendo a través de ésta. Ambas plantillas se guardaban en VirSSPA en formato JPEG. Las imágenes guardadas se abrían en PowerPoint (Microsoft, EEUU) y se ampliaban al 100% del tamaño de la imagen imprimiéndolas en una plantilla A-4 de plástico transparente y obteniendo así las plantillas 1:1 (Figura 23). Esto posibilitaba la adquisición de todo el mapeo de las perforantes abdominales en un formato que nos permitía transponer su posición en la piel abdominal de la paciente.

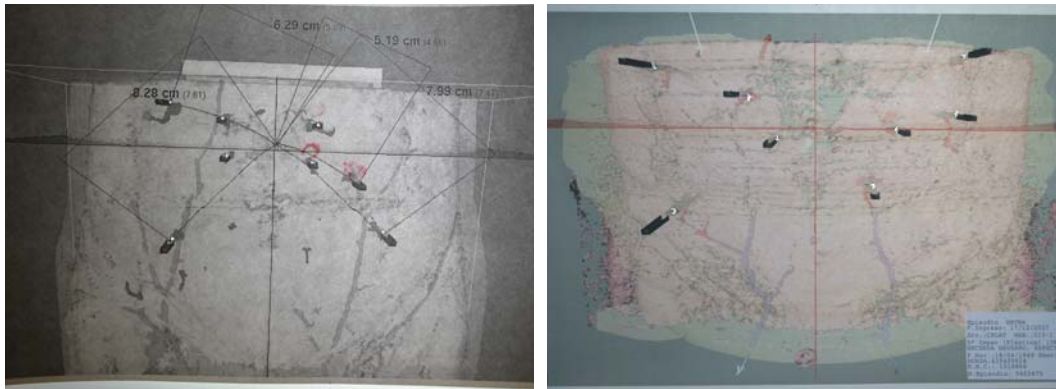


Figura 23. Plantillas obtenidas con VirSSPA. Se encuentra marcado con un puntero el lugar en el que las perforantes emergen a través de las fascia. Medidas de las distancias de las perforantes al ombligo.

5.1.7.2. PEROPERATORIO

El mismo día de la intervención quirúrgica, en una sala anexa y, antes de entrar a quirófano, se procedía a la planificación del colgajo abdominal, diseñado de modo estándar con disposición horizontal para incluir la máxima cantidad de grasa abdominal periumbilical (Figura 24). La distancia entre el borde superior del ombligo y el borde inferior del colgajo solía ser de unos 11 a 14 cm. dependiendo de la laxitud de la piel abdominal, y la anchura era de unos 30 cm.



Figura 24. Marcaje de la isla abdominal sobre la paciente.

La plantilla impresa se colocaba sobre el abdomen de la paciente en bipedestación, tomando como punto de referencia fijo el ombligo, y se marcaban con un aspa sobre la piel abdominal las perforantes localizadas mediante la reconstrucción,

siendo el tamaño del aspa proporcional al calibre detectado en la reconstrucción 3D (Figura 25).



Figura 25. Plantilla colocada sobre el abdomen de la paciente para el marcaje de las perforantes sobre la piel abdominal.

Considerando el ombligo como una referencia central de posición, se marcaba en la superficie cutánea de la reconstrucción tridimensional la localización exacta y el recorrido de las perforantes así como el punto en que penetraban la fascia (Figura 26).

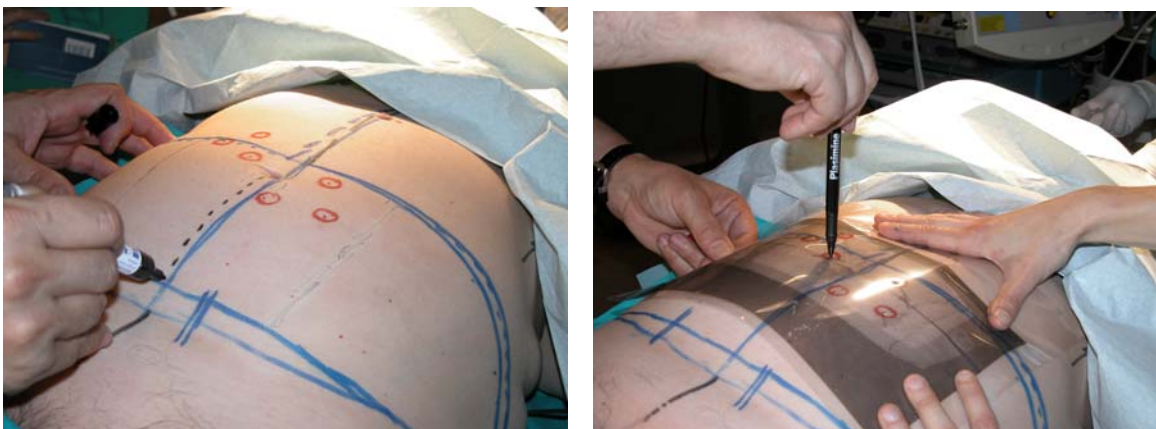


Figura 26. Dibujo de las perforantes por transparencia a partir de la plantilla sobre el abdomen de la paciente.

A continuación, se tomaban fotografías de la localización sobre el abdomen de la paciente con una cámara fotográfica Canon EOS 400D digital, colocando la cámara de forma totalmente perpendicular al abdomen de la paciente y a unos 60 cm. de distancia del mismo.

5.1.7.3. QUIRÚRGICO

La técnica quirúrgica de disección y elevación del colgajo libre abdominal basado en los vasos perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda (colgajo DIEAP) utilizada por nosotros es semejante a la utilizada y descrita por otros autores^{29,30,34,40,105}.

1º.- Una vez en quirófano se colocaba a la paciente en decúbito supino con los brazos unidos al cuerpo. Se trabajaba con dos equipos quirúrgicos simultáneos, uno que se encargaba de la extracción del colgajo abdominal, y otro que preparaba los vasos receptores.

2º.- La disección cutánea comenzaba por el borde inferior del colgajo, evaluando los vasos epigástricos superficiales que eran disecados con la mayor longitud posible y preservados hasta el final de la cirugía para emplearlos como rescate si existía compromiso venoso tras la anastomosis microquirúrgica. Posteriormente, se realizaba la disección de lateral a medial, identificando los vasos perforantes que emergen de la vaina del recto abdominal (Figura 27). Dicha disección se realizaba con métodos de magnificación óptica.

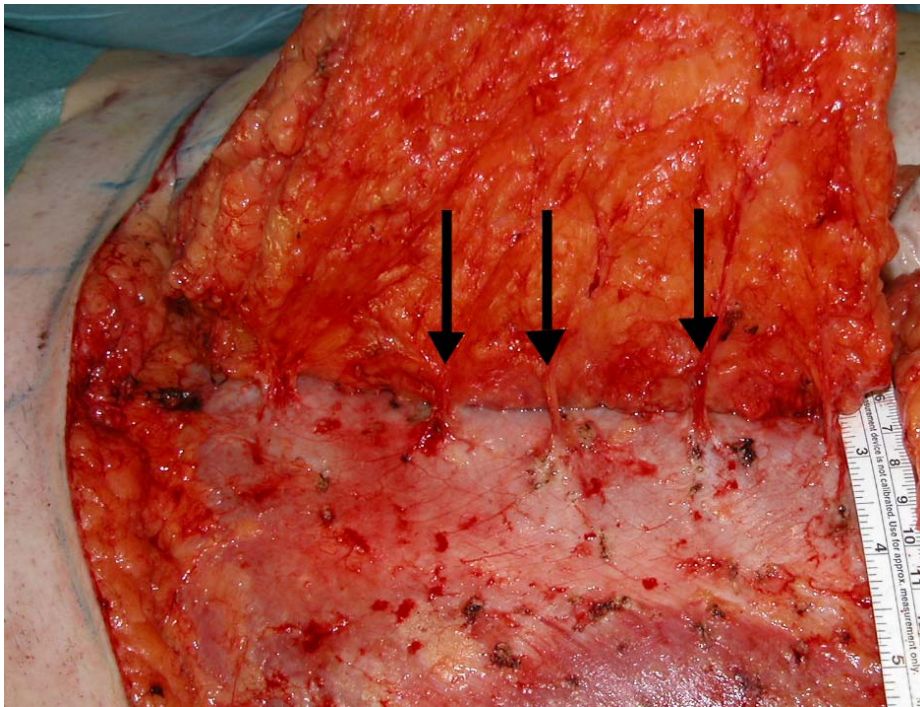


Figura 27. Visión intraoperatoria durante la disección del colgajo DIEAP, con tres perforantes marcadas (flechas negras) que nutren el colgajo, cada una de las cuales emerge en el mismo plano craneocaudal.

3°.- Localización y disección de los vasos receptores en la zona a reconstruir. Los vasos receptores de elección eran el eje de la arteria mamaria interna (Figura 28), ya que este sistema vascular sufre una menor afectación por parte de la radioterapia, permite una mejor colocación y adecuación del colgajo, y la situación del cirujano ayudante para la anastomosis microquirúrgica es más cómoda.

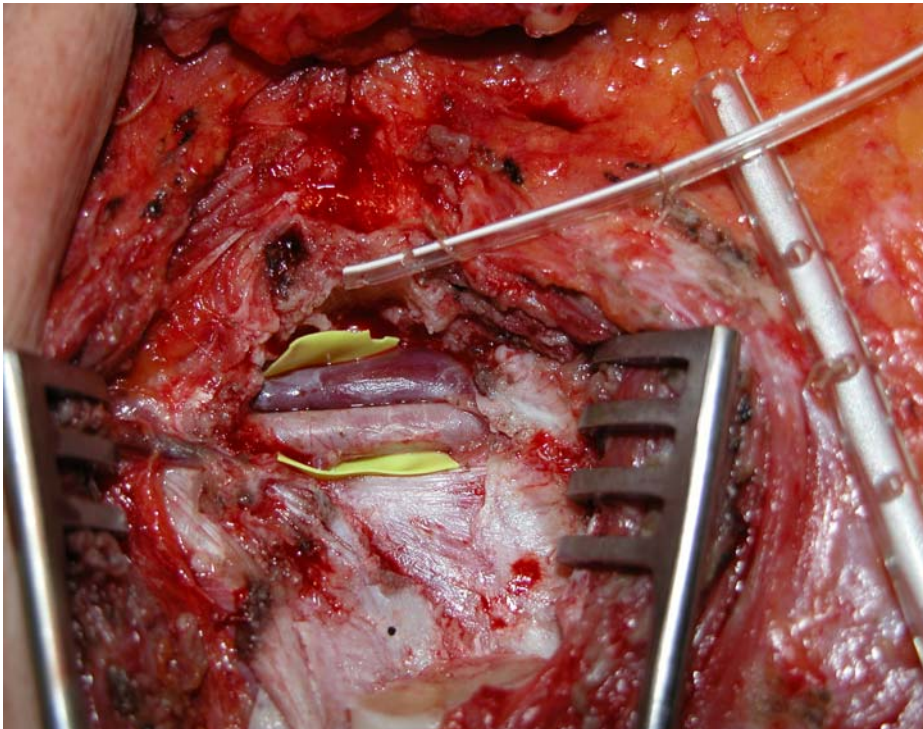


Figura 28. Arteria y vena mamaria interna, tras exéresis del tercer cartílago costal, preparadas para la anastomosis microvascular.

4º.- Tras encontrar la/s perforante/es seleccionada de forma preoperatoria como la ideal para nutrir nuestro colgajo, procedíamos a incidir un ojal de fascia de unos 5 mm. de diámetro alrededor de la perforante y, a partir de ella, una incisión vertical en dirección caudal hacia la entrada de la epigástrica inferior en el músculo recto abdominal. Se reflejaba la fascia lateralmente y se procedía a la disección intramuscular de la perforante, electrocoagulando con bisturí bipolar todas las ramas musculares encontradas (Figura 29).



Figura 29. Diseción de las perforantes abdominales tras levantamiento del colgajo DIEAP de lateral a medial.

5°.- Una vez que todas las perforantes abdominales habían sido localizadas, ligadas y seccionadas y el colgajo DIEAP separado de la pared abdominal, se marcaba con arandelas esterilizadas de plástico azul el lugar en el que las perforantes identificadas atravesaban la fascia muscular.

Se colocaba entonces una regla sobre la pared abdominal situando el cero (punto central de referencia) en el ombligo de la paciente en los dos ejes, vertical y horizontal, con la correspondiente toma de fotografías según el protocolo anteriormente descrito. También se tomaban fotografías de las mismas medidas colocando una plantilla transparente cuadriculada (de 1 cm. x 1 cm.) sobre la pared abdominal una vez retirado el colgajo DIEAP (Figura 30).

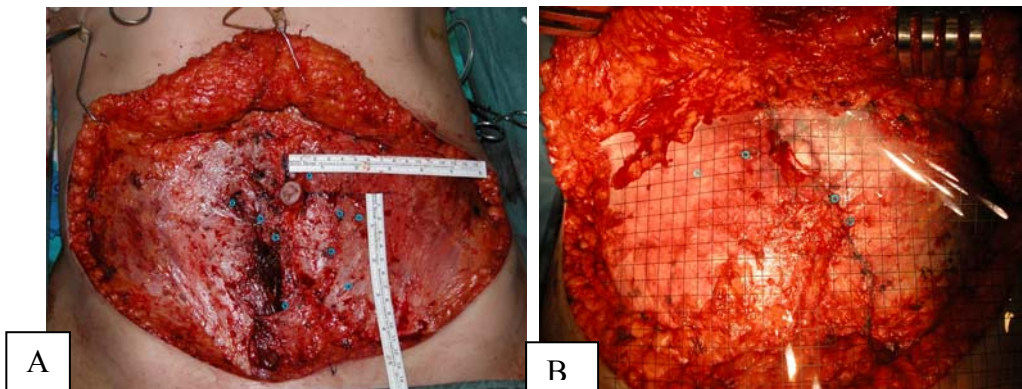


Figura 30. Medida de la distancia intraoperatoria de las perforantes (en el punto en el que emergen a través de la fascia marcado con una arandela azul de plástico) al ombligo. **A**, Medidas con una regla sobre la pared abdominal situando el cero en el ombligo de la paciente en los dos ejes, vertical y horizontal. **B**, Fotografías de las mismas medidas colocando una plantilla transparente cuadrículada (de 1 cm. x 1 cm.) sobre la pared abdominal, una vez retirado el colgajo DIEAP.

Estas mismas medidas entre el ombligo de la paciente y el lugar en el que las perforantes atraviesan la fascia muscular eran recogidas también de forma intraoperatoria por el cirujano y la investigadora y se plasmaban en una hoja de cálculo. De esta forma, podían compararse después las medidas de la distancia de las perforantes disecadas al ombligo obtenidas mediante la reconstrucción 3D con VirSSPA y las reales, medidas sobre el abdomen de la paciente intraoperatoriamente.

Durante la intervención era posible el acceso intraoperatorio a la reconstrucción tridimensional realizada con VirSSPA mediante un ordenador portátil instalado en el quirófano y se posibilitaba la interacción con el programa mediante ratón y teclado esterilizados (Figura 31).



Figura 31. Acceso intraoperatorio a la reconstrucción tridimensional realizada con VirSSPA y posibilidad de interacción con el programa mediante ratón y teclado esterilizados.

6º.- Tras realizar las anastomosis, habitualmente de una arteria y una vena, comprobábamos su viabilidad mediante valoración clínica del colgajo (color, sangrado y temperatura) y por inspección ocular evidenciando los movimientos sistólicos en la zona de la anastomosis. Las anastomosis de ambos vasos, tanto arteria como vena, se realizaban mediante sutura quirúrgica con Ethilon® (no absorbible, monofilamento) de 8/0 ó 9/0, dependiendo del calibre del mismo.

Si se producía espasmo vascular aplicábamos suero caliente y espasmolíticos sobre la zona de la anastomosis (sulmetilpapaverina tópica).

En ocasiones, se desechaba parte del tejido de la zona IV del colgajo durante la remodelación de la mama para adaptarla mejor al tórax de la paciente.

7º.- El cierre de la pared abdominal se efectuaba con una sutura continua de Tycron® 0 (no absorbible, monofilamento y trenzada) con aguja circular, reforzada con puntos sueltos de Prolene® 2/0 (no absorbible, monofilamento). Se llevaba a cabo una plicatura

abdominal en aquellas pacientes en las que se consideraba necesario para un mejor cierre de la pared abdominal.

5.1.7.4. POSTOPERATORIO

1º.- El seguimiento postoperatorio se realizó clínicamente (color, temperatura y llenado capilar del colgajo) y mediante Doppler manual, con controles horarios durante el período postoperatorio inmediato (primeras 24 horas). Las enfermas pasaban este período en la Unidad de Grandes Quemados cuya infraestructura y personal permitían hacer este tipo de controles tan exhaustivos. Durante las 48 horas siguientes al postoperatorio inmediato, los controles clínicos y mediante Doppler manual se llevaban a cabo cada 8 horas para monitorizar el colgajo.

2º.- El tratamiento farmacológico postoperatorio de profilaxis antibiótica y antitrombótica consistía en:

- Enoxaparina 40 mg c/24 h. subcutáneo (s.c.) durante 7 días.
- Ácido acetilsalicílico (AAS): 125 mg c/24 h. vía oral (v.o.) durante 3 semanas, tras finalizar el tratamiento con Enoxaparina.
- Cefazolina 1 gr intravenosa (i.v.) una hora antes de la intervención quirúrgica y ocho horas después.

3º.- Se colocaban drenajes aspirativos en ambas mamas y a ambos lados de la zona donante abdominal. Los drenajes eran aspirativos del nº 12 ó 14, dependiendo del tamaño del colgajo. Los drenajes de las mamas se dejaban durante unos 2-4 días y los de la zona donante abdominal durante un período aproximado de 6-9 días y siempre se retiraban cuando la cantidad de material drenado era menor de 35 cc en un período de 24 horas.

4°.- Las pacientes llevaban una faja abdominal postoperatoria durante un período de unas 6 semanas y hacían un reposo relativo restringiendo sus actividades físicas.

5°.- El seguimiento de las pacientes al alta hospitalaria consistía en una primera visita a la semana del alta, seguido de controles cada 2 semanas durante el primer mes y trimestrales durante el primer año. Posteriormente y, si no había habido incidencias, las visitas eran anuales.

5.1.8. MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

El análisis de los datos se llevó a cabo con el programa Statistical Package for the Social Sciences de Windows, versión 15.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EEUU). Se contrastó que las medidas seguían una distribución normal mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Para contrastar la hipótesis de igualdad de medias en ambos grupos se empleó el test de la t de Student para muestras dependientes. Para comprobar la relación que seguían las medidas calculadas mediante la aplicación VirSSPA y los valores reales se empleó el coeficiente de correlación de Pearson. Todos los intervalos de confianza se construyeron al 95% y los p-valores se calcularon de forma bilateral, considerándose estadísticamente significativos valores inferiores a 0,05

5.2. ESTUDIO COMPARATIVO DE RECONSTRUCCIÓN MAMARIA MEDIANTE COLGAJO DIEAP CON LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA VirSSPA

5.2.1. ÁMBITO DE ESTUDIO

Ensayo clínico cuasiexperimental controlado con un grupo control equivalente no concurrente (histórico) de una muestra de 70 pacientes mastectomizadas y sometidas a

reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP durante el periodo de inclusión establecido atendidas en el Servicio de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío (Sevilla). El estudio presenta una parte retrospectiva y otra prospectiva, en el que los casos son prospectivos y los controles retrospectivos.

5.2.2. PERÍODO DE ESTUDIO

Se incluyeron las pacientes intervenidas de forma consecutiva en el período comprendido entre el 1 de Mayo del año 2004 y el 31 de Mayo del año 2009, agrupadas como sigue:

A.- Grupo Control: Todas las pacientes intervenidas de forma consecutiva en el Servicio de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío (Sevilla) de reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP en las que se realizó planificación quirúrgica con Doppler manual, en el período comprendido entre el 1 de Mayo del año 2004 y el 30 de Noviembre del 2007, cuyos datos fueron recogidos de forma retrospectiva. En total, constituyeron una muestra de 35 pacientes.

B.- Grupo Experimental: Todas las pacientes intervenidas de forma consecutiva en el Servicio de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío (Sevilla) de reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP en las que se realizó planificación quirúrgica con la herramienta de realidad virtual VirSSPA, desde el 1 de Diciembre del 2007 hasta el 31 de Mayo del 2009, cuyos datos fueron recogidos de forma prospectiva. En total, constituyeron una muestra de 35 pacientes.

En todos los casos se obtuvo el consentimiento informado de las pacientes intervenidas así como la aprobación del Comité Ético del Centro donde se llevó a cabo el estudio.

5.2.3. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se seleccionó una población de 70 pacientes mujeres que fueron planificadas en el servicio de Cirugía Plástica del Hospital Virgen del Rocío para realizarse una reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP; en 35 pacientes se realizó la planificación prequirúrgica mediante Doppler manual (Grupo Control) y en las 35 restantes con la herramienta de realidad virtual VirSSPA (Grupo Experimental).

5.2.3.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes mastectomizadas cuya indicación de reconstrucción quirúrgica fuera la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP diferida, unilateral y que precisaron, en el mismo acto quirúrgico, una mamoplastia de reducción y/o pexia de la mama contralateral para conseguir una adecuada correspondencia en tamaño y volúmenes de ambas mamas (la reconstruida y la contralateral propia de la paciente).
- Pacientes que hubieran firmado el Consentimiento Informado para tal fin y a las que se hubiera explicado convenientemente el uso de la herramienta de realidad virtual VirSSPA para la planificación prequirúrgica de su intervención.

5.2.3.2. CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Los criterios de exclusión del estudio fueron los siguientes:

- Tabaco. Cualquier paciente que fumara activamente en la fecha de la intervención no fue admitida en nuestro estudio.
- Radioterapia postoperatoria tras la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

- Cicatrices abdominales. En general cualquier paciente que presentara una cicatriz en el tejido del colgajo, ya fuera en línea media, paramediana o incisión de Kocher. No se consideró criterio de exclusión la existencia de cicatrices de apendicectomía y las transversales bajas porque suelen ser insignificantes en la elevación del colgajo.
- Colgajos DIEAP bilaterales.
- Pacientes mastectomizadas mediante técnicas de mastectomías ahorradoras de piel.
- Reconstrucciones mamarias inmediatas.
- Aquellas reconstrucciones en que no fue necesario realizar procedimientos quirúrgicos en la mama contralateral (mamoplastia de aumento y/o pexia).

5.2.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS CASOS

Las pacientes del **Grupo Control** cuyos datos fueron recogidos de forma retrospectiva, se identificaron a partir de la Base de datos del Centro de Documentación Clínica de nuestro Hospital obtenida a partir del Conjunto Mínimo Básico de Datos (CMBD). Inicialmente se seleccionaron todos aquellos pacientes que presentaban como diagnóstico principal al alta: Mastectomía. Reconstrucción mamaria microquirúrgica.

Se revisaron todas las historias clínicas de las pacientes encontradas en la búsqueda anterior para comprobar que cumplían los criterios de inclusión antes descritos. Se empleó tanto la historia del servicio de Cirugía Plástica, como las de los servicios de Oncología, Anestesiología y cualquier otra que aportara datos útiles.

La identificación de los casos para el **Grupo Experimental** fue idéntica a la ya descrita anteriormente en el apartado 5.1.4.

5.2.5. VARIABLES DE ESTUDIO

En las pacientes seleccionadas procedimos al estudio detallado de su historial médico con el fin de identificar y conocer todos los aspectos relacionados con sus intervenciones.

La información, según el protocolo de trabajo, era recogida en el momento de ingreso del paciente, al alta, en el postoperatorio inmediato, y mediante revisiones de los pacientes y de las historias clínicas cada 3 meses. Las pacientes eran asignadas en función de su planificación preoperatoria con Doppler manual o con la herramienta de realidad virtual VirSSPA al Grupo Control o al Grupo Experimental, respectivamente. Así, se consideró como variable independiente (tratamiento experimental) la planificación quirúrgica con el programa de realidad virtual VirSSPA en la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

La información se anotaba en una tabla de recogida de datos. Dicha información era archivada en una base de datos diseñada por la investigadora mediante el programa Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft, EEUU) y almacenada en campos que contenían las siguientes variables: variables demográficas, variables consideradas como criterios de morbilidad o complicaciones y variables consideradas como criterios indicadores de consumo de recursos o costes; seleccionadas todas ellas en función de una exhaustiva revisión de la bibliografía publicada sobre la técnica quirúrgica y sus complicaciones.

5.2.5.1. VARIABLES DEMOGRÁFICAS

- **Fecha** de intervención quirúrgica para **mastectomía**.
- **Fecha** de intervención quirúrgica para **reconstrucción mamaria** con colgajo DIEAP.

- **Edad** en el momento de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Variable cuantitativa.
- **Índice de masa corporal** en el momento de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Variable cuantitativa.
- Tipo de **terapias neoadyuvantes** a las que se sometió la paciente entre el momento del diagnóstico del carcinoma mamario (si lo hubo) hasta el momento de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Variable cualitativa no dicotómica, cuyas categorías fueron definidas de la siguiente manera:
 - Ninguna
 - Radioterapia.
 - Quimioterapia.
 - Terapia hormonal.
 - Combinaciones de las anteriores.
- Existencia de **patologías médicas previas** al momento de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. De entre todas las posibles patologías médicas tan sólo se seleccionaron como relevantes para nuestro estudio la hipertensión arterial (HTA) y la Diabetes Mellitus (DM). Variables cualitativas dicotómicas.
- **Indicación de la reconstrucción mamaria**, hace referencia a la causa por la que se precisó reconstrucción mamaria. Variable cualitativa no dicotómica, que agrupa dos posibles categorías:
 - Mastectomía oncológica.
 - Mastectomía profiláctica.
- **Tipo de reconstrucción mamaria**. Momento en que se llevó a cabo la reconstrucción mamaria con respecto a la intervención quirúrgica de

mastectomía. Definimos esta variable como cualitativa no dicotómica, englobada en tres posibles categorías²⁶⁷:

- Primaria o inmediata: aquella en que se lleva a cabo, en el mismo tiempo quirúrgico, la mastectomía y la reconstrucción mamaria.
- Secundaria: aquella en que la reconstrucción mamaria es diferida a un tiempo quirúrgico posterior al de la mastectomía.
- Terciaria: aquella que tiene lugar en pacientes que ya han sido previamente sometidas a una reconstrucción mamaria tras la mastectomía, sin que esta haya sido efectiva.

5.2.5.2. CRITERIOS DE CONSUMO O COSTES

No hemos tratado de realizar bajo este epígrafe un estudio de coste directo o coste-efectividad del tratamiento sino de estudiar los criterios indicadores de consumo de recursos. Esto se ha realizado indirectamente mediante el estudio del consumo de determinados recursos (indicadores) obtenidos siguiendo el modelo descrito por Lowry y cols.²⁶⁸ a los que hemos añadido otros.

- **Tiempo operatorio total.** Variable cuantitativa. Se define como el tiempo, en minutos, transcurrido entre la primera incisión quirúrgica y el cierre de la última herida.
- **Tiempo de disección del colgajo DIEAP.** Variable cuantitativa. Considerando como tal el tiempo, en minutos, transcurrido desde la primera incisión para la disección del colgajo DIEAP hasta que se clampa el pedículo de la arteria epigástrica inferior profunda.
- **Tiempo de isquemia del colgajo DIEAP.** Variable cuantitativa. Definido como el tiempo, en minutos, comprendido entre el clampaje del pedículo de la arteria

epigástrica inferior profunda y la revascularización del colgajo una vez realizadas las anastomosis vasculares.

- **Días que la paciente ha precisado tratamiento analgésico parenteral.** Variable cuantitativa. Debido a la variabilidad de pautas analgésicas hemos decidido reflejar la duración en días y no en dosis o tipo de analgésico empleado.
- **Sangre transfundida** durante la intervención o en el postoperatorio, medida en número de concentrados de hematíes. Variable cuantitativa.
- **Días de estancia hospitalaria.** Variable cuantitativa. Se consideran como tal los días que la paciente ha permanecido en el hospital, desde el ingreso hasta su alta hospitalaria.
- **Reintervención** o reexploración postoperatoria. Variable cualitativa dicotómica. Definida como la necesidad de reintervenir al paciente debido a algún tipo de complicación en el postoperatorio inmediato o durante el seguimiento. No hemos incluido dentro de las reintervenciones el segundo tiempo de RPM, consistente en la reconstrucción del complejo areola-pezones (CAP), o aquellas pacientes reintervenidas por recidiva tumoral o a causa de otra nueva tumoración mamaria.

5.2.5.3. CRITERIOS DE MORBILIDAD O COMPLICACIONES

Los criterios que definen la morbilidad o complicaciones se recogieron en variables divididas en tres grupos:

- a) Relacionadas con el colgajo DIEAP
- b) Relacionadas con la zona donante abdominal
- c) Complicaciones sistémicas

A) COMPLICACIONES DEL COLGAJO DIEAP

- **Complicación del colgajo DIEAP.** La variable complicaciones del colgajo DIEAP^{31,32,34,42,45,50,51,108-111}, valora la aparición de cualquier complicación postoperatoria en dicho colgajo una vez adaptado y remodelado como una nueva mama. Se consideró como una variable cualitativa dicotómica. Dichas complicaciones incluyen la necrosis grasa, la pérdida total o parcial del colgajo, la trombosis arterial, la congestión venosa y la insuficiencia vascular combinada, la infección, el seroma y el hematoma. Cada una de ellas fue registrada también de forma separada.
- **Necrosis grasa** o esteatonecrosis. Variable cualitativa dicotómica. Es la condición en la cual la necrosis del tejido adiposo resulta en la separación de las grasas neutras en ácidos grasos y glicerol. Definida clínicamente según los criterios de Watterson y cols.¹²⁰ como un área indurada superior al 10% de la mama reconstruida.
- **Necrosis del colgajo DIEAP.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la aparición de escara necrótica o esfacelos en la superficie del colgajo. En función de la superficie del colgajo afectada la necrosis fue definida^{34,113}:
 - Total. Necrosis superior al 75% de la superficie del colgajo.
 - Parcial. Menor del 75% de superficie.
- **Trombosis arterial.** Variable cualitativa dicotómica. Es la obstrucción grave y súbita de la arteria principal anastomosada.
- **Congestión venosa.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la acumulación anormal de sangre en el territorio del colgajo abdominal por una disminución en el flujo del retorno venoso.

- **Insuficiencia vascular combinada.** Variable cualitativa dicotómica. Es la acción combinada de las dos variables anteriormente descritas.
- **Infección.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la producción de material purulento en la herida operatoria o en el líquido de drenaje con cultivo positivo que se puede acompañar de fiebre, dehiscencia y/o seroma.
- **Seroma.** Variable cualitativa dicotómica. Es la tumefacción causada por una acumulación de suero.
- **Hematoma.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la acumulación de sangre extravasada atrapada en los tejidos, producida por una hemostasia incompleta tras la cirugía.

B) COMPLICACIONES DE LA ZONA DONANTE ABDOMINAL

- **Complicación en la zona donante abdominal.** Esta variable valora la aparición de cualquier complicación postoperatoria en esa zona una vez retirado el colgajo DIEAP de la misma. Se consideró como una variable cualitativa dicotómica. Dichas complicaciones agruparon el hematoma, el seroma, la infección, la hernia postquirúrgica, la necrosis de los colgajos abdominales, la debilidad de la pared muscular ya fuera asintomática o sintomática y la dehiscencia de la herida abdominal, mayor y menor. Cada una de ellas fue registrada también de forma separada.
- **Hematoma.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la acumulación de sangre extravasada atrapada en los tejidos, producida por una hemostasia incompleta tras la cirugía.
- **Seroma.** Variable cualitativa dicotómica. Es la tumefacción causada por un acumulación de suero.

- **Infección.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la producción de material purulento en la herida operatoria o en el líquido de drenaje con cultivo positivo que se puede acompañar de fiebre, dehiscencia y/o seroma.
- **Hernia post-quirúrgica.** Variable cualitativa dicotómica. Es la protrusión de un órgano interno a través de la pared abdominal cuando existe una disrupción o atenuación de la lámina anterior del músculo recto abdominal por debajo de la línea arcuata (donde no existe lámina posterior).
- **Necrosis umbilical.** Variable cualitativa dicotómica.
- **Necrosis del colgajo abdominal.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la aparición de cualquier escara necrótica (no dependiente del tamaño de la misma) o esfacelos en la superficie de cualquiera de los dos colgajos abdominales, el superior o el inferior.
- **Debilidad de la pared muscular.** Variable cualitativa dicotómica. Es aquella que existe cuando la lámina posterior del recto se encuentra intacta con eventración o disrupción de la lámina anterior del recto. A su vez puede dividirse en²⁶⁹:
 - Sintomática. Precisa la reparación quirúrgica con malla después de 1 año tras la intervención quirúrgica.
 - Asintomática. Cuyo tratamiento es la observación y seguimiento.
- **Dehiscencia de la herida abdominal.** Variable cualitativa dicotómica. Definida como la apertura de la sutura abdominal^{267,269}.
 - Menor. Aquella que se resuelve con curas ambulatorias.
 - Mayor. La que precisa nueva cirugía para su reparación.

C) COMPLICACIONES SISTÉMICAS

Son todas aquellas complicaciones no relacionadas con la herida quirúrgica y que se asocian a riesgo vital para el paciente tales como neumonía, derramen pleural (DP) insuficiencia cardíaca (IC), tromboembolismo pulmonar (TEP), trombosis venosa profunda (TVP) e infarto agudo de miocardio (IAM). Todas ellas fueron consideradas como variables cualitativas dicotómicas.

También hemos incluido bajo este epígrafe otras complicaciones no asociadas a riesgo vital como las alteraciones transitorias del plexo braquial, consecuencia de la posición de la paciente durante la cirugía.

5.2.5.4. FACTORES DE CONFUSIÓN

Aunque la mayor parte de nuestro estudio es prospectivo, la dificultad de conseguir muestras homogéneas donde la única diferencia sea el método con el que se realiza la planificación prequirúrgica es difícil y requeriría un amplio período de tiempo para su obtención. En la literatura revisada los estudios prospectivos son muy escasos y, aunque existen algunos muy homogéneos, se trata de estudios exclusivamente descriptivos y no comparativos.

Para el control de la validez interna los grupos a estudiar debían ser equivalentes entre sí. El método estadístico más difundido para alcanzar esta equivalencia es la asignación aleatoria o al azar de los participantes a los grupos del experimento. Como en el estudio que describimos este método no era posible, optamos por otra técnica para hacer inicialmente equivalentes a los grupos: el emparejamiento, que consiste en igualar los grupos en relación con variables específicas que pueden influir de modo decisivo en las variables dependientes. Desde luego, este método es menos preciso que la asignación al azar. Sin embargo ha sido llevado a cabo con rigor en grupos grandes

por lo que, tras comprobar que los grupos no son diferentes entre sí, consideramos que se ha logrado un alto grado de equivalencia inicial entre grupos.

Para detectar diferencias entre las poblaciones que integran los diferentes grupos reconstructivos referente a factores que puedan relacionarse o influir en los resultados de nuestros indicadores (variables dependientes fundamentales) y que podrían explicar los diferentes estándares encontrados en la literatura, hemos realizado un control de la validez interna mediante emparejamiento o técnica de apareo en relación a las siguientes variables:

- **Número de perforantes disecadas para perfundir el colgajo.** La incidencia de complicaciones parece aumentar cuanto mayor es el número de perforantes disecadas para nutrir el colgajo DIEAP³⁴.
- **Obesidad.** Definida como un IMC $>30 \text{ kg/m}^2$. Las pacientes obesas muestran tasas más elevadas en cuanto a pérdida parcial del colgajo, necrosis grasa del mismo y complicaciones de la zona donante, como hernia y laxitud de la pared abdominal^{108,113,270}.

Dichas variables han sido obtenidas a partir de la literatura, como factores que pueden influir en los resultados descritos.

5.2.6. INDICACIÓN QUIRÚRGICA

Las indicaciones quirúrgicas para reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP en estas pacientes se establecieron en base a los mismos protocolos de reconstrucción mamaria comentados anteriormente.

5.2.7. TRATAMIENTO

Todas las investigaciones y procedimientos fueron realizados en su totalidad en el Hospital Virgen del Rocío con el mismo equipo de radiólogos y cirujanos plásticos.

5.2.7.1. PREOPERATORIO

En las 35 pacientes que constituyeron el Grupo Experimental los procedimientos preoperatorios que se siguieron ya han sido descritos en el apartado 5.1.7.1.

A las pacientes del Grupo Control no se les realizó AngioTAC abdominal previo ni planificación quirúrgica con la herramienta de realidad virtual VirSSPA.

5.2.7.2. PEROPERATORIO

En las 35 pacientes del Grupo Control se realizó la comprobación del flujo y la localización preoperatoria de las perforantes abdominales según el procedimiento “clásico”. Este procedimiento consistía en el marcaje mediante Doppler manual, con sonda de 8 mHz, de las perforantes abdominales con la paciente colocada tanto en decúbito supino como en bipedestación. Una vez localizadas, éstas eran marcadas en el abdomen de la paciente con un rotulador indeleble para facilitar su localización durante la intervención (Figura 32).



Figura 32. Localización con Doppler de las principales perforantes abdominales.

El procedimiento para las pacientes del Grupo Experimental ya ha sido descrito en el apartado 5.1.7.2.

5.2.7.3. QUIRÚRGICO

El protocolo quirúrgico de disección del colgajo DIEAP fue idéntico al descrito anteriormente en el apartado 5.1.7.3. La única diferencia estriba en que en el Grupo Control, es decir, aquellas pacientes en que la planificación quirúrgica se realizó con Doppler manual, no tuvo lugar durante el procedimiento quirúrgico el descrito antes como punto 5º, en donde se hace referencia a los protocolos de toma de medidas y fotografías una vez localizadas y seccionadas las perforantes abdominales.

5.2.7.4. POSTOPERATORIO

El seguimiento y los cuidados postoperatorios fueron idénticos para ambos grupos a los ya descritos en el apartado 5.1.7.4.

5.2.8. CÁLCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

Para la estimación del tamaño muestral mínimo necesario, hemos definido como variable principal del estudio las complicaciones del colgajo DIEAP tras la reconstrucción mamaria respecto a la población general de mujeres mastectomizadas que van a ser sometidas a reconstrucción mamaria con tejido autólogo, para evaluar el número de pacientes intervenidas con la ayuda de la herramienta VirSSPA y mediante la técnica quirúrgica tradicional.

El cálculo se realizó para conseguir una potencia del 80,0% con el fin de detectar diferencias en el contraste de la hipótesis nula $H_0: p_1=p_2$ mediante una prueba χ^2 bilateral para dos muestras independientes, teniendo en cuenta que el nivel de

significación es 5%, y asumiendo que la proporción de los controles con complicaciones del colgajo DIEAP es del 40,0%^{34,113,267}, la proporción esperada de complicaciones en el grupo de los casos es del 10,0%, y que la proporción de unidades experimentales en el grupo de referencia respecto el total es del 50,0%. Con nuestro planteamiento esperábamos encontrar una diferencia clínicamente relevante del 30% entre la incidencia de complicaciones del colgajo entre los dos grupos.

Teniendo en cuenta estos datos, y para un planteamiento bilateral, para el cálculo de nuestro tamaño muestral utilizamos la siguiente expresión^{271,272}:

$$n = \frac{\left[z_{1-\alpha/2} \sqrt{2p(1-p)} + z_{1-\beta} \sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)} \right]^2}{(p_1 - p_2)^2}$$

donde

$$p = \frac{p_1 + p_2}{2}$$

Y los valores $z_{\frac{1-\alpha}{2}}$ y $z_{1-\beta}$ son valores que se obtienen de la distribución normal estándar en función de la seguridad y el poder elegidos para el estudio²⁷³. En nuestro caso, para una seguridad del 95% y un poder estadístico del 80%, se tiene que

$$z_{\frac{1-\alpha}{2}} = 1,96 \text{ y } z_{1-\beta} = 0,84$$

Así y según los valores:

$$p_1 = 0,10 \text{ y } p_2 = 0,40$$

donde

$$p = \frac{0,1 + 0,4}{2} = 0,25$$

obtuvimos el siguiente tamaño muestral mínimo necesario:

$$n = \frac{\left[1,96\sqrt{2 \cdot 2,25(1-0,25)} + 0,84\sqrt{0,1(1-0,1+0,4(1-0,4))}\right]^2}{(0,1-0,4)^2} \approx 32$$

Así pues, considerando un error α del 5% y una potencia $1-\beta$ del 80%, el carácter bilateral de la prueba, y estimando los grupos equilibrados (en tamaño), el número mínimo de individuos necesario para el grupo intervenido con apoyo del programa VirSSPA es de 32, e intervenidos con la técnica quirúrgica tradicional es de 32; es decir un tamaño mínimo total de 64 individuos

El cálculo del tamaño muestral se realizó con el programa Ene 2.0 (Departamento de Biometría de GlaxoSmithKline, Servicio de Estadística de la Universidad Autónoma de Barcelona, España).

5.2.9. MÉTODOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

5.2.9.1. ESTUDIO DESCRIPTIVO

Para las variables cualitativas se utilizó la frecuencia absoluta de cada categoría y los porcentajes; para las variables numéricas se usó la media, desviación estándar, mediana y rango. Para contrastar si las variables cuantitativas seguían una distribución normal se empleó el test de Kolmogorov-Smirnov. Para comparar las posibles diferencias en la distribución de las variables entre el grupo control y el experimental se emplearon los test de Chi-cuadrado (y exacto de Fisher cuando una o más frecuencias esperadas fueron menor a 5)²⁷⁴ para las variables cualitativas y el test de la t de Student^{274,275} para variables cuantitativas ó la U de Mann Whitney si la variable no seguía una distribución normal.

5.2.9.2. ANÁLISIS UNIVARIANTE

A partir de la comparación de los dos métodos de reconstrucción (con o sin el uso del programa VirSSPA en la planificación prequirúrgica) y, en base a los indicadores previamente definidos, pretendimos justificar la conveniencia del uso del aplicativo de realidad virtual para la planificación quirúrgica en reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

El análisis univariante se realizó con la misma metodología que el estudio descriptivo: las variables cuantitativas se compararon mediante el análisis de la varianza (F de Snedecor) y mediante la t de Student, y las variables cualitativas mediante el test Chi-cuadrado y el test de Fisher.

5.2.9.3. MEDIDA DE LA ASOCIACIÓN DEL RIESGO

La medida utilizada para cuantificar la asociación entre la exposición a un factor (los considerados como factores de riesgo) y la presencia de algún tipo de complicación durante el postoperatorio del colgajo DIEAP fue la Odds Ratio (OR). La interpretación de la OR fue la siguiente: si la OR era igual a 1, la exposición al supuesto factor de riesgo no se asociaba con las complicaciones, mientras que si la OR era menor de 1 la exposición al factor de riesgo tenía un efecto protector es decir, disminuía la probabilidad de desarrollar complicaciones. Por último, si el valor de la OR era mayor de 1, la exposición al factor de riesgo aumentaba las posibilidades de desarrollar complicaciones.

Todas las estimaciones de la OR se realizaron con su 95% de intervalo de confianza para poder confirmar o rechazar la asociación.

5.2.9.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

Se realizó un análisis de regresión logística bivalente por pasos hacia delante (razón de verosimilitud) para cuantificar el riesgo de presentar cualquier complicación tras la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP respecto a no presentarla en base a las variables del estudio, de manera que:

$$\text{Exp}(\beta) = \text{OR}$$

donde β es el coeficiente resultado de la regresión logística asociado a una cierta variable participante en el modelo.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con la versión 15.0 del programa estadístico SPSS y con el programa Epi Info versión 6.0 Basics (Centers for Disease Control, Atlanta, GA, EEUU). Todos los intervalos de confianza calculados se construyeron al 95% y todos los valores de p se calcularon de forma bilateral, considerándose estadísticamente significativos valores inferiores a 0,05.

6. RESULTADOS

6.1. VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE REALIDAD VIRTUAL VirSSPA EN LA PLANIFICACIÓN PREQUIRÚRGICA DEL COLGAJO DIEAP

6.1.1. ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

En total se obtuvieron 12 pacientes, sin que fuera necesario excluir a ninguna de ellas. Estas pacientes fueron seleccionadas de forma consecutiva entre las intervenidas de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP en las que se realizó la planificación prequirúrgica con la herramienta de realidad virtual VirSSPA. Las pacientes fueron intervenidas en el período comprendido entre el 1 de Diciembre del año 2007 y el 30 de Abril del año 2008.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas con respecto a las características y datos demográficos de las 12 pacientes seleccionadas para validar la herramienta.

En cada uno de los casos, el vaso donante fue la arteria epigástrica inferior profunda y los colgajos abdominales estuvieron basados en una a tres perforantes. Los vasos receptores fueron en todos los casos el pedículo de la arteria mamaria interna. Todas las suturas vasculares fueron realizadas mediante sutura manual termino-terminal.

No se observaron complicaciones tempranas ni tardías, con una buena supervivencia de todos los colgajos y sin complicaciones derivadas del uso de contrastes iodados para la realización del AngioTAC abdominal.

6.1.2. ANÁLISIS DEL MARGEN DE ERROR

Con el fin de validar la herramienta de RV VirSSPA para la localización preoperatoria de las perforantes abdominales, las perforantes halladas en la reconstrucción 3D con el

software VirSSPA a partir de las imágenes del AngioTAC se compararon con los hallazgos intraoperatorios (Tabla 3).

	Pacientes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
No. de perforantes unilaterales seleccionadas de forma preoperatoria con VirSSPA.	2	4	2	3	3	3	3	2	5	4	4	4
No. de perforantes utilizadas en la intervención.	1	2	2	1	3	1	3	2	3	1	2	2
Porcentaje de perforantes seleccionadas con VirSSPA confirmadas en la intervención.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 3. Hallazgos de perforantes en cada una de las 12 pacientes seleccionadas para la validación. Se comparan los hallazgos de perforantes durante la planificación quirúrgica con el aplicativo VirSSPA con las halladas durante la intervención.

En primer lugar, se comprobó que la muestra seguía una distribución normal una vez que se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov. Las medidas de las distancias entre el punto exacto en que la perforante emerge a través de la fascia del músculo recto abdominal y el ombligo, obtenidas mediante la reconstrucción 3D de la pared abdominal con VirSSPA, se compararon con la distribución y las medidas reales de las mismas obtenidas durante la intervención (Tabla 4).

	Perforantes	DO intraoperatoria (cm)	DO con <i>VirSSPA</i> (cm)	Error de <i>VirSSPA</i> (cm)
Caso 1	Perforante 1	1,90	1,93	0,03
	Perforante 2	3,00	3,00	0,00
Caso 2	Perforante 1	2,00	2,20	0,20
	Perforante 2	2,00	2,00	0,00
	Perforante 3	5,00	5,19	0,19
	Perforante 4	8,00	7,99	0,01
Caso 3	Perforante 1	4,00	4,68	0,68
	Perforante 2	4,20	4,76	0,56
Caso 4	Perforante 1	3,50	3,88	0,38
	Perforante 2	5,50	5,77	0,27
	Perforante 3	4,20	4,36	0,16
Caso 5	Perforante 1	2,50	2,60	0,10
	Perforante 2	4,00	4,20	0,20
	Perforante 3	3,50	3,50	0,00
Caso 6	Perforante 1	3,00	3,00	0,00
	Perforante 2	3,20	3,50	0,30
	Perforante 3	6,00	6,40	0,40
Caso 7	Perforante 1	7,00	7,38	0,38
	Perforante 2	2,75	2,98	0,23
	Perforante 3	4,50	4,63	0,13
Caso 8	Perforante 1	5,30	5,22	- 0,08
	Perforante 2	10,00	10,43	0,43
Caso 9	Perforante 1	6,00	5,68	- 0,32
	Perforante 2	4,00	3,90	- 0,10
	Perforante 3	1,00	1,00	0,00
	Perforante 4	1,50	1,88	0,38
	Perforante 5	8,00	7,42	- 0,58
Caso 10	Perforante 1	4,00	3,90	- 0,10
	Perforante 2	2,50	2,30	- 0,20
	Perforante 3	3,00	2,80	- 0,20
	Perforante 4	1,25	1,10	- 0,15
Caso 11	Perforante 1	3,00	2,92	- 0,08
	Perforante 2	6,80	7,53	0,73
	Perforante 3	4,00	4,13	0,13
	Perforante 4	10,70	11,31	0,61
Caso 12	Perforante 1	2,00	2,31	0,31
	Perforante 2	7,60	7,75	0,15
	Perforante 3	7,20	7,28	0,08
	Perforante 4	4,60	4,89	0,29

DO, distancia entre el punto exacto en que la perforante abdominal atraviesa la fascia del músculo recto abdominal y el ombligo.

Tabla 4. Medidas de las distancias entre el punto exacto en que las perforantes abdominales atraviesan la fascia del músculo recto abdominal y el ombligo, obtenidas mediante la reconstrucción 3D con *VirSSPA* y de forma intraoperatoria.

Se encontró que estas distancias, medidas desde el punto donde emergían las perforantes hasta el ombligo, en la reconstrucción 3D presentaban un margen de error menor de 0,25 cm con respecto a las distancias reales medidas intraoperatoriamente. La tasa media de error fue de 0,23 cm (IC 95%, 0,17 a 0,30). Aplicando el test de la t de Student para muestras independientes se determinó que este margen de error disminuía de 0,23 cm a 0,17 cm (IC 95%, 0,09 a 0,24) cuando las distancias eran menores o iguales a 4 cm del ombligo. Para distancias mayores de 4 cm desde el punto en que la perforante emergía hasta el ombligo el error medio era de 0,31 cm (IC 95%, 0,21 a 0,42).

6.1.3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL

Se llevó a cabo un análisis de regresión lineal para establecer una relación entre las distancias tridimensionales y las medidas intraoperatoriamente. El coeficiente de correlación de Pearson hallado fue de 0,99 ($p = 0,01$), lo que refleja una relación prácticamente lineal entre las dos distancias, las intraoperatorias y las medidas en la reconstrucción 3D (Figura 33).

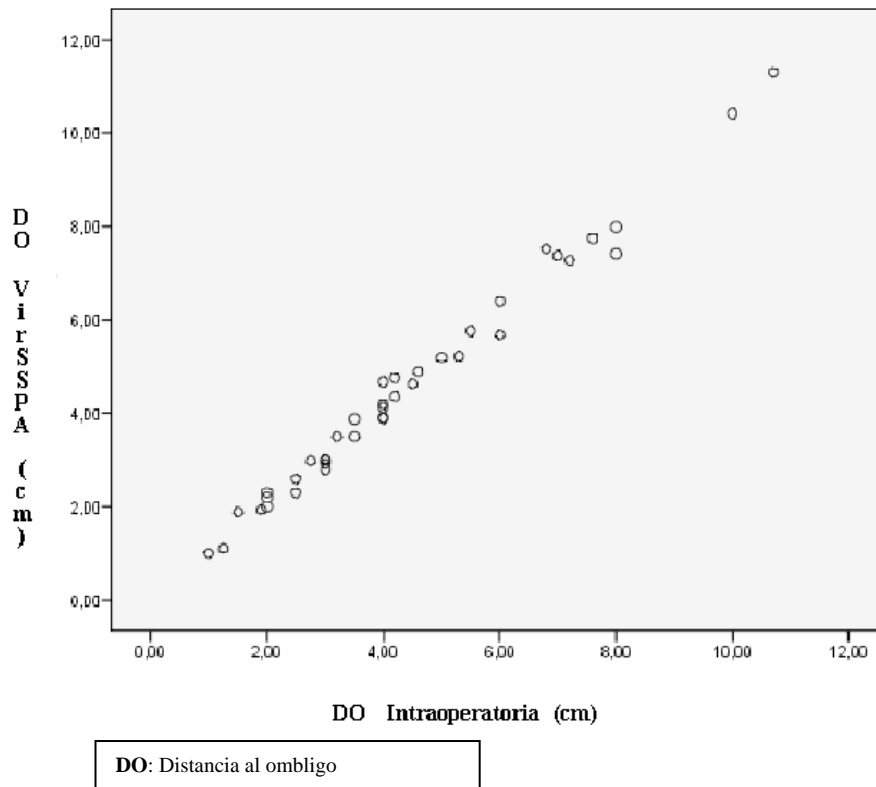


Figura 33. El coeficiente de correlación de Pearson refleja el grado de relación lineal entre las dos variables, distancia del ombligo al punto en el que las perforantes emergen a través de la fascia del recto anterior en la reconstrucción 3D con VirSSPA y las medidas de forma intraoperatoria. El coeficiente de correlación hallado con nuestros datos es de casi +1 ($r = 0,99$), lo que indica que existe una relación lineal positiva perfecta entre ambas variables.

6.2. ESTUDIO COMPARATIVO DE RECONSTRUCCIÓN MAMARIA MEDIANTE COLGAJO DIEAP CON LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA VirSSPA

6.2.1. ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LA MUESTRA

Se obtuvo un total de 70 pacientes tras excluir 12 pacientes que no cumplían los criterios de inclusión en el estudio. De estas pacientes, intervenidas de forma

consecutiva entre el 1 de Mayo de 2004 y el 31 de Mayo de 2009, 35 constituyeron el grupo control, intervenidas según la técnica clásica de planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP con Doppler ultrasonidos (US), y las otras 35 el grupo experimental, con planificación del colgajo DIEAP mediante el aplicativo VirSSPA. Las pacientes se siguieron durante una media de 26,4 meses, con un mínimo de 3 meses y un máximo de 63 meses.

6.2.1.1. INDICACIÓN QUIRÚRGICA

La reconstrucción mamaria no fue primaria en ninguno de los casos. Todas las reconstrucciones mamarias fueron diferidas, siendo secundaria en 65 pacientes (92,85%) y terciaria en 5 (7,15%) (Figura 34). El tiempo medio que tardaron en reconstruirse tras la mastectomía fue de 31,2 meses, con un rango de 10,8 meses a 200 meses.

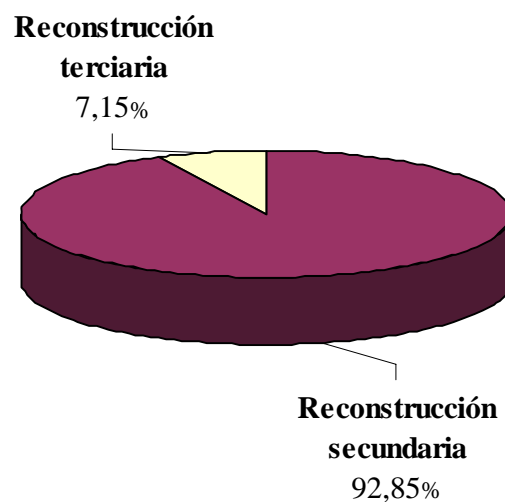


Figura 34. Momento de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

Las causas que provocaron la conveniencia de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP (Tabla 5) fueron la mastectomía por causa oncológica en 63 pacientes (90%) y la mastectomía profiláctica en 7 pacientes (10%) (Figura 35).

Tipo de reconstrucción mamaria. Número (%)

- Primaria 0 (0%)
- Secundaria 65 (92,85%)
- Terciaria 5 (7,15%)

Tiempo medio entre la mastectomía y la reconstrucción en meses (rango) 31,2 (10,8-200)

Indicación quirúrgica. Número (%)

- Mastectomía oncológica 63 (90%)
- Mastectomía profiláctica 7 (10%)

Tabla 5. Características descriptivas de tiempo e indicaciones quirúrgicas para la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP en nuestra muestra de 70 pacientes.

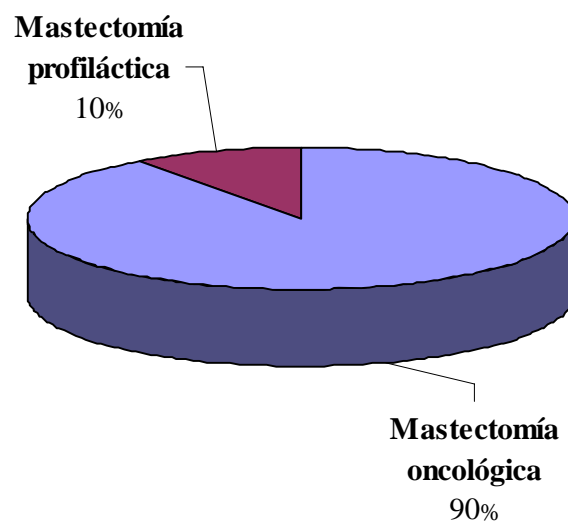


Figura 35. Distribución de las causas por las que se precisó reconstrucción mamaria.

6.2.1.2. EDAD

La edad media en el momento de la reconstrucción en el grupo experimental fue de 48,89 años (SD=7,52), mediana 51 años y un rango de 35 a 62 años. En el grupo de pacientes control la edad media fue de 47,09 años (SD=7,05), mediana de 47 años y rango de 25 a 60 años (Tabla 6).

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA	CONTROL (DOPPLER U.S.)		EXPERIMENTAL (VirSSPA)		
GENERALES	Media (SD)	Mediana (rango)	Media (SD)	Mediana (rango)	p
Edad (años)	47,09 (7,05)	47 (25-60)	48,89 (7,52)	51 (35-62)	0,305
IMC	25,86 (2,86)	25,46 (17,99-33,30)	27,17 (3,66)	26,12 (22,31-35,75)	0,100
TERAPIA NEOADYUVANTE	Número	%	Número	%	p
Ninguna	5	14,28%	5	14,28%	1,000
Radioterapia	10	28,57%	10	28,57%	1,000
Quimioterapia	2	5,71%	2	5,71%	1,000
Hormonal	11	31,42%	11	31,42%	1,000
Combinación	7	20%	7	20%	1,000
HTA	6	17,14%	8	22,85%	0,766
DM	3	8,57%	2	5,71%	1,000

Tabla 6. Análisis de las características de las 70 pacientes que se sometieron a reconstrucción mamaria con tejido autólogo entre Mayo de 2004 y Mayo de 2009 agrupadas en función del empleo de la herramienta VirSSPA.

La figura 36 muestra la distribución por décadas de los casos estudiados.

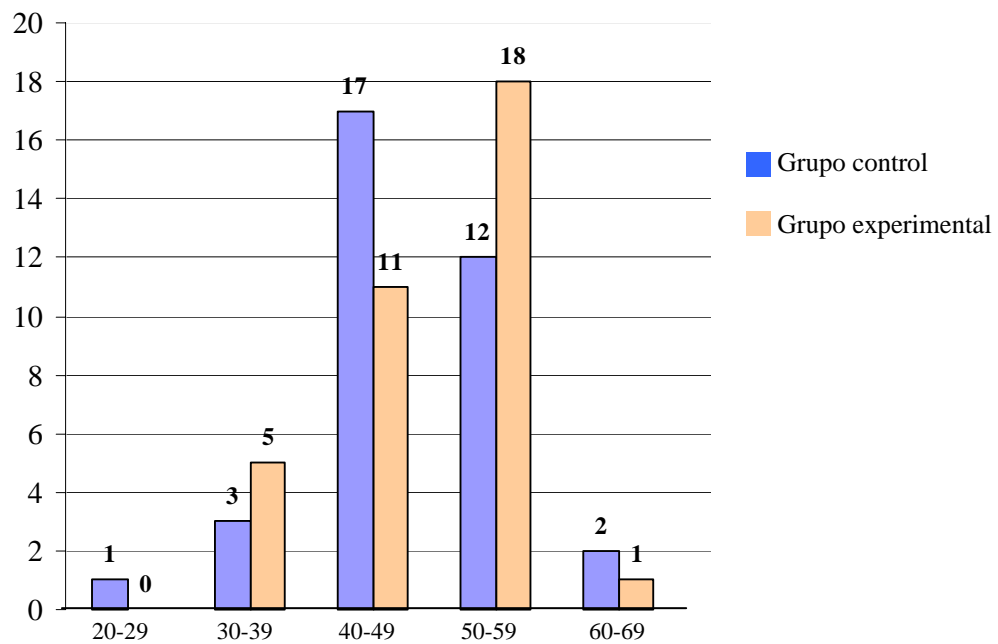


Figura 36. Distribución de las edades por décadas en los grupos experimental y control.

Las diferencias de edad entre ambos grupos, el grupo control y el experimental, no fueron estadísticamente significativas ($p=0,305$).

6.2.1.3. INDICE DE MASA CORPORAL

Los IMC variaron entre las pacientes intervenidas con ayuda de VirSSPA, que presentaron un IMC medio de 27,17 ($SD=3,66$), mediana 26,12 y rango de 22,31 a 35,75. Aquellas que fueron planificadas sin VirSSPA mostraron un IMC medio de 25,86 ($SD=2,86$), mediana 25,46 y rango de 17,99 a 33,30 (Figura 37).

Se comprobó que tanto la variable edad como el IMC seguían una distribución normal según el test de Kolmogorov-Smirnov.

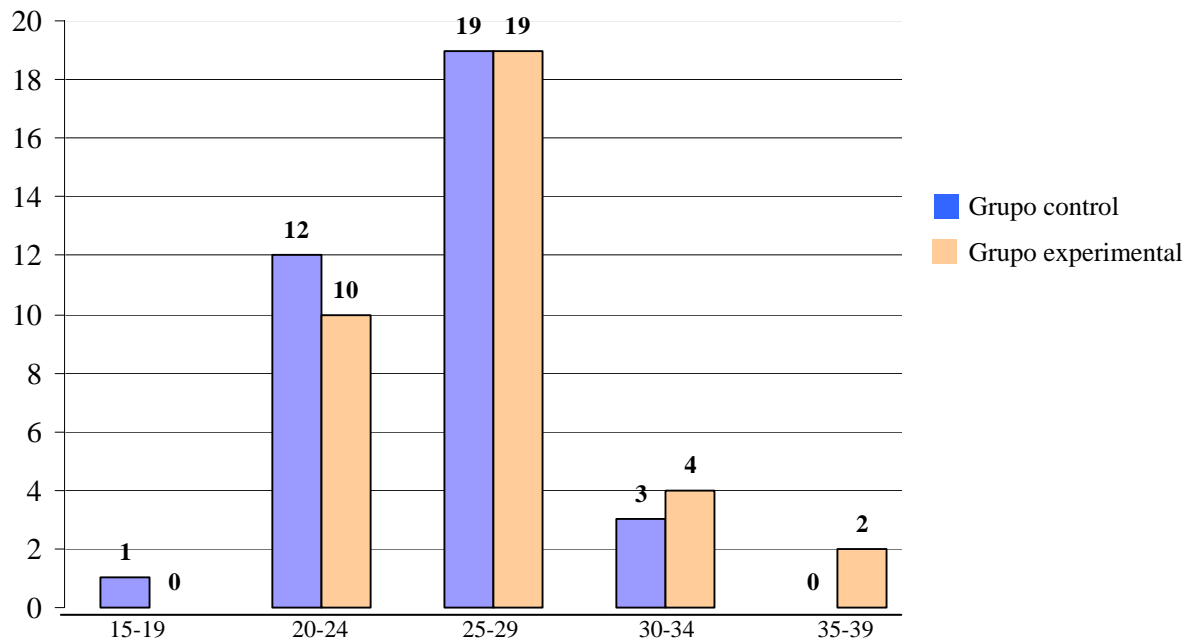


Figura 37. Distribución de los IMC en los dos grupos de pacientes; control y experimental.

6.2.1.4. TERAPIAS NEOADYUVANTES

En cuanto a las terapias neoadyuvantes, el número de pacientes que recibieron las distintas modalidades terapéuticas fue el mismo en ambos grupos, control y experimental; cinco (14,28%) de ellas no recibieron ningún tipo de terapia neoadyuvante, 10 pacientes (28,57%) fueron sometidas a radioterapia, dos (5,71%) a quimioterapia, 11 (31,42%) a terapia hormonal y siete (20%) a combinaciones de las anteriores (Figura 38).

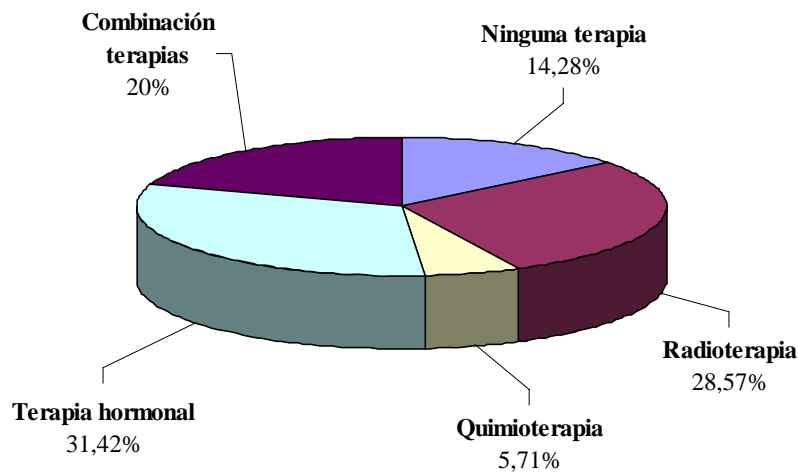


Figura 38. Distribución de las terapias neoadyuvantes en las pacientes intervenidas para reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

6.2.1.5. PATOLOGÍAS PREVIAS

En el grupo control tres enfermas (8,57%) presentaron como antecedentes Diabetes Mellitus (DM) y, seis (17,14%) hipertensión arterial (HTA). En el grupo de pacientes intervenidas donde la planificación se realizó con ayuda de VirSSPA, dos (5,71%) presentaron DM y ocho (22,85%) HTA (Figura 39).

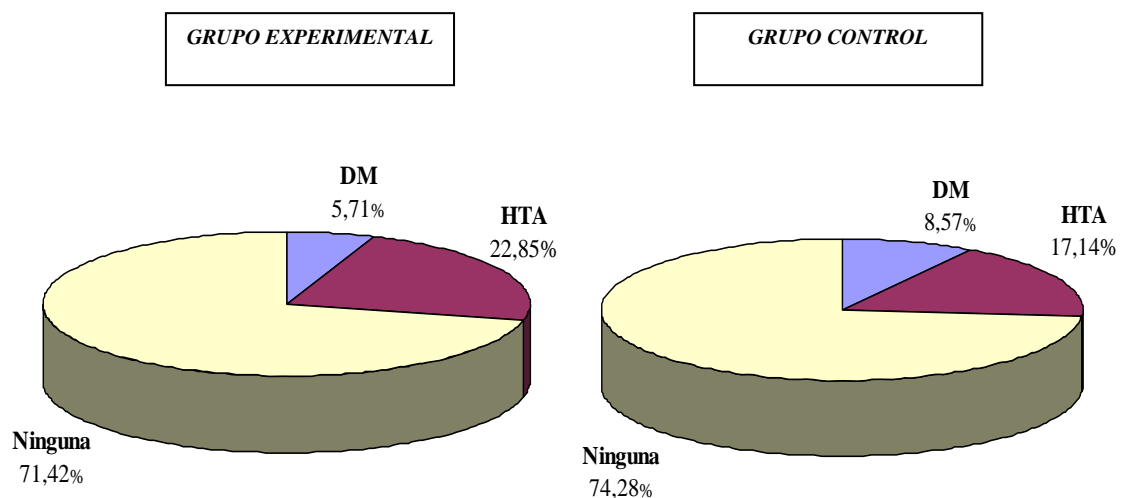


Figura 39. Distribución de las copatologías presentes en el momento de la intervención quirúrgica.

No se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos ($p>0,05$) en cuanto a las variables descriptivas anteriormente referidas (Tabla 6).

6.2.2. ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LAS INTERVENCIONES QUIRÚRGICAS

Se describen a continuación las características consideradas relevantes en las intervenciones quirúrgicas de nuestra muestra de 70 pacientes. Estas variables hacen referencia al número de perforantes en que se basaron los colgajos DIEAP disecados así como los tiempos de disección del mismo, el tiempo de isquemia del colgajo y los tiempos operatorios totales.

6.2.2.1. NÚMERO DE PERFORANTES EN EL COLGAJO

El número medio de perforantes en que se basaron los colgajos DIEAP en el grupo experimental fue de 2,26 perforantes ($SD=0,70$), con una mediana de 2 y un rango de 1 a 3 perforantes. En el grupo de pacientes reconstruidas con tejido autólogo sin la herramienta VirSSPA el número medio de perforantes resultó ser 2,34 ($SD=0,76$), mediana de 2 perforantes y rango de 1 a 4 perforantes (Figura 40).

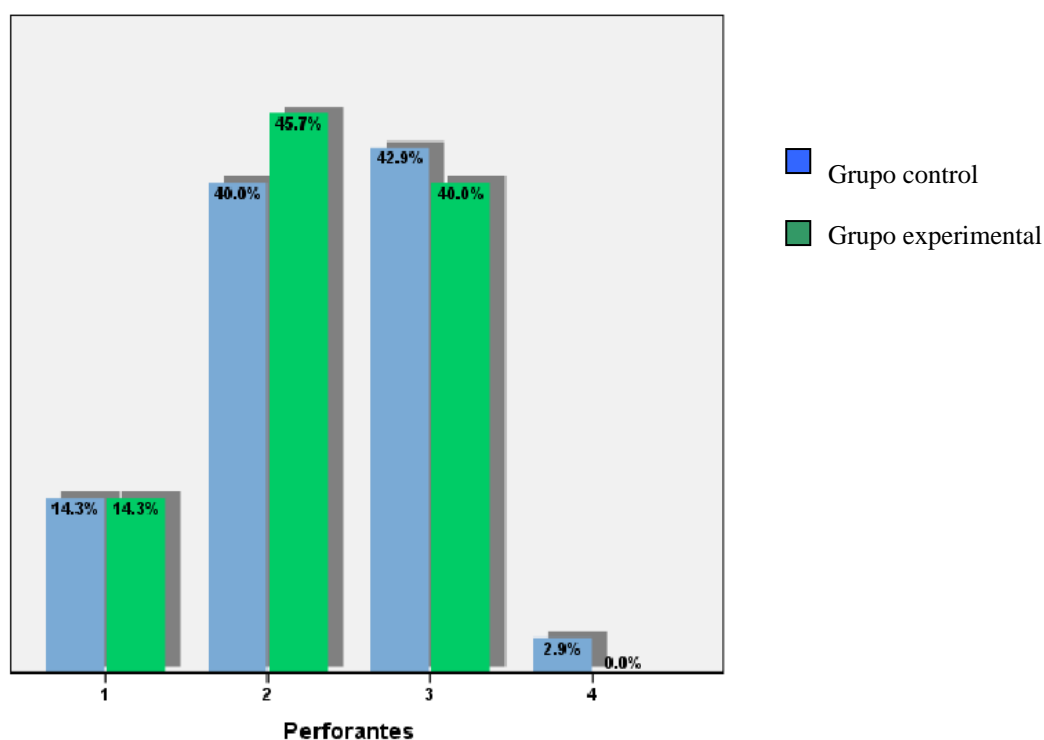


Figura 40. Distribución del número de perforantes en que se basó el colgajo DIEAP en función del uso o no del programa VirSSPA en la planificación quirúrgica.

No se hallaron diferencias significativas entre ambos grupos con respecto al número de perforantes que nutrían el colgajo (Tabla 7).

<i>ANÁLISIS DE LAS INTERVENCIONES</i>	<i>CONTROL (DOPPLER U.S.)</i>		<i>EXPERIMENTAL (VirSSPA)</i>		<i>p</i>
	<i>Media (SD)</i>	<i>Mediana (rango)</i>	<i>Media (SD)</i>	<i>Mediana (rango)</i>	
Número de perforantes en el colgajo	2,34 (0,76)	2 (1-4)	2,26 (0,70)	2 (1-3)	0,626
Tiempo de disección colgajo (minutos)	217,86 (60,10)	210 (120-375)	130,00 (41,49)	120 (65-240)	<0,001*
Tiempo isquemia (minutos)	97,71 (26,01)	90 (55-160)	70 (15,71)	60 (60-120)	<0,001*
Tiempo operatorio total (minutos)	606,29 (81,94)	600 (480-810)	478 (56,94)	480 (390-570)	<0,001*

* Significación estadística

Tabla 7. Análisis descriptivo de las intervenciones en las 70 pacientes que se sometieron a reconstrucción mamaria con tejido autólogo entre Mayo de 2004 y Mayo de 2009 agrupadas en función del empleo de la herramienta VirSSPA.

6.2.2.2. TIEMPO DE DISECCIÓN DEL COLGAJO DIEAP

En el grupo experimental el tiempo medio de disección del colgajo basado en las perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda fue de 130 minutos (SD=41,49), mediana de 120 minutos y rango de 65 a 240 minutos; en el grupo control el tiempo medio de disección fue de 217,86 minutos (SD=60,10), mediana de 210 minutos y rango de 120 a 375 minutos.

La reducción media del tiempo de disección con el aplicativo VirSSPA frente al grupo control fue de 87,86 minutos (130 minutos VS. 217,86 minutos) ($p < 0,001$). La figura 41 muestra una comparativa de los tiempos medios de disección en ambos grupos.

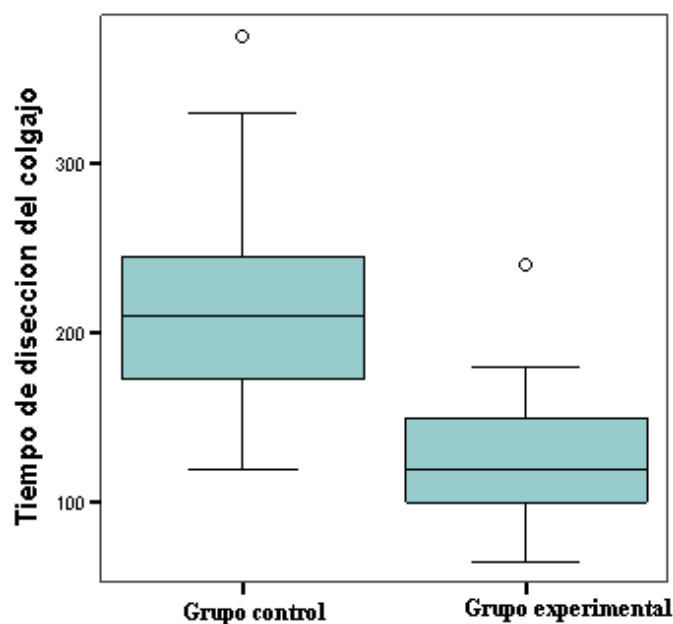


Figura 41. Diagrama de cajas y bigotes comparativo de los tiempos medios de disección del colgajo DIEAP en ambos grupos.

6.2.2.3. TIEMPO DE ISQUEMIA

El tiempo medio de isquemia para realizar la anastomosis arteriovenosa entre vasos donantes y receptores varió entre los 70 minutos (SD=15,71), mediana 60 minutos y un

rango de 60 a 120 minutos del grupo experimental; y los 97,71 minutos (SD=26,01), mediana 90 minutos y rango de 55 a 160 minutos del grupo control (Figura 42).

La reducción media en los tiempos de isquemia que se obtuvo con la planificación prequirúrgica llevada a cabo con el programa VirSSPA con respecto al grupo control fue de 27,71 minutos (70 minutos VS. 97,71 minutos) ($p < 0,001$).

En las 70 pacientes estudiadas se realizaron anastomosis mediante sutura quirúrgica manual de una arteria y una sola vena, siendo siempre los vasos receptores el pedículo de la arteria mamaria interna y realizándose en todos los casos suturas terminales.

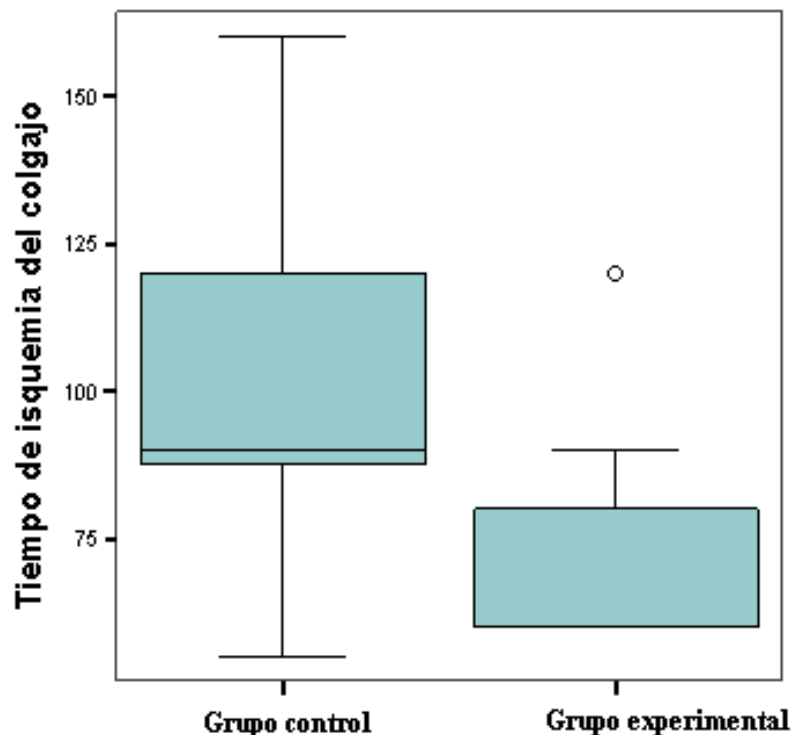


Figura 42. . Diagrama de cajas y bigotes comparativo de los tiempos medios de isquemia del colgajo DIEAP en ambos grupos.

6.2.2.4. TIEMPO OPERATORIO TOTAL

En el grupo de pacientes en que la planificación se realizó con el aplicativo VirSSPA el tiempo operatorio total presentó una media de 478 minutos (SD=56,94), mediana de 480 minutos y rango de 390 a 570 minutos. Sin embargo, en el grupo en que la intervención se llevó a cabo sin VirSSPA el tiempo medio operatorio total fue de 606,29 minutos (SD=81,94) mediana de 600 minutos y un rango de 480 a 810 minutos (Figura 43).

Se observó una reducción del tiempo medio operatorio total de 128,29 minutos en el grupo experimental respecto del grupo control (478 minutos VS. 606,29 minutos) ($p < 0,001$).

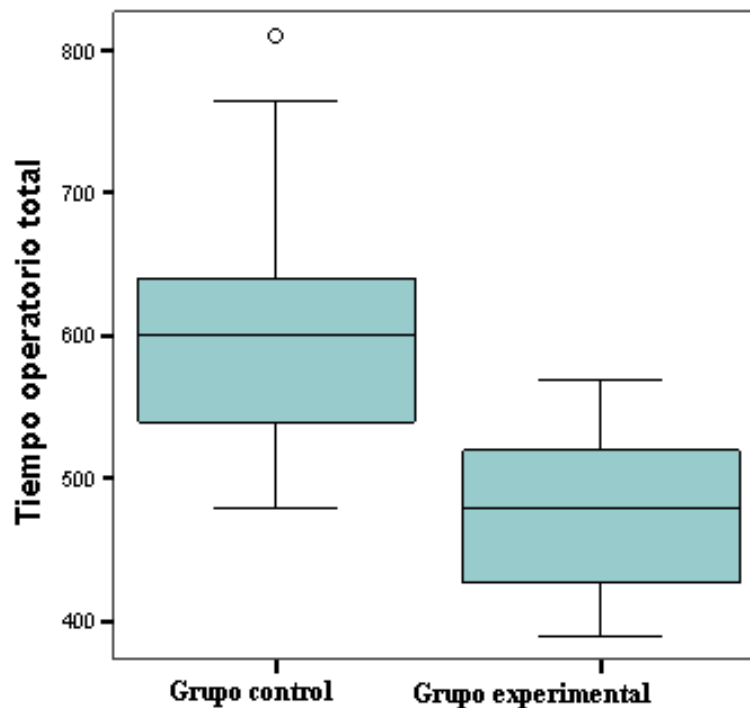


Figura 43. Diagrama comparativo de cajas y bigotes de los tiempos medios operatorios totales del colgajo DIEAP en ambos grupos.

Las variables número de perforantes, tiempo de disección del colgajo y tiempo operatorio total seguían una distribución normal según el test de Kolmogorov-Smirnov. En cambio, la variable tiempo de isquemia no seguía una distribución normal.

No se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos con respecto a las variables señaladas como posibles factores de confusión: el número de perforantes en que se basa el colgajo DIEAP ($p=0,626$) y el IMC ($p=0,100$) (Tablas 6 y 7).

6.2.3. ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LOS INDICADORES DE CONSUMO O COSTES

Se describen a continuación las variables que se han considerado relevantes como indicadores de consumo o costes de la intervención quirúrgica. Estas variables hacen referencia al tiempo de analgesia intravenosa postoperatoria, los días de estancia hospitalaria, el número de concentrados de hematíes transfundidos (tanto durante la intervención quirúrgica como en el postoperatorio) y las reintervenciones.

6.2.3.1. TIEMPO DE ANALGESIA

El tiempo medio de analgesia postoperatoria en aquellas pacientes intervenidas con la ayuda de la herramienta VirSSPA fue de 3,34 días ($SD=0,96$), mediana de 3 días y rango de 2 a 5 días. En el grupo control el tiempo medio de analgesia fue de 4,86 días ($SD=1,97$) mediana de 4 días y un rango de 2 a 12 días (Tabla 8).

ANÁLISIS DE LOS COSTES	CONTROL (DOPPLER U.S.)		EXPERIMENTAL (VirSSPA)		P
	Media (SD)	Mediana (rango)	Media (SD)	Mediana (rango)	
Tiempo analgesia (días)	4,86 (1,97)	4 (2-12)	3,34 (0,96)	3 (2-5)	<0,001*
Tiempo estancia hospitalaria (días)	9,80 (1,81)	9 (6-15)	9,40 (1,76)	9 (7-14)	0,353
Concentrados hematíes transfundidos	1,09 (1,14)	1 (0-4)	0,40 (0,77)	0 (0-2)	0,005*
REINTERVENCIONES	CONTROL (DOPPLER U.S.)		EXPERIMENTAL (VirSSPA)		P
	Número	%	Número	%	
Sí	6	17,14%	0	0%	0,025*
No	29	82,85%	35	100%	

* Significación estadística

Tabla 8. Análisis descriptivo de las costes y reintervenciones en las 70 pacientes que se sometieron a reconstrucción mamaria con tejido autólogo entre Mayo de 2004 y Mayo de 2009 agrupadas en función del empleo de la herramienta VirSSPA.

Una comparativa de los tiempos medios de analgesia en ambos grupos puede verse en la figura 44.

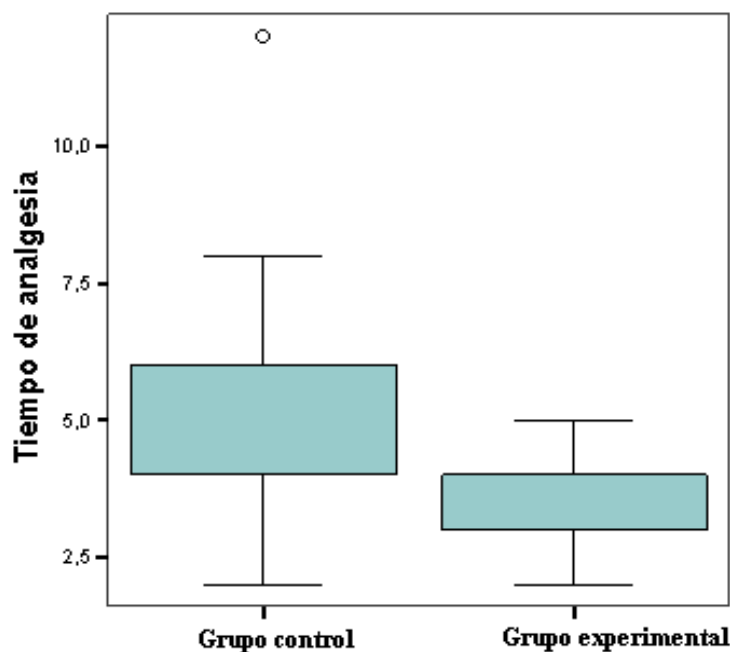


Figura 44. . Diagrama de cajas y bigotes comparativo de los tiempos medios de analgesia intravenosa durante el postoperatorio del colgajo DIEAP en ambos grupos.

La reducción media en los tiempos de analgesia que se obtuvo con la planificación prequirúrgica llevada a cabo con el programa VirSSPA con respecto al grupo control fue de 1,52 días (3,34 días VS. 4,86 días) ($p < 0,001$).

6.2.3.2. TIEMPO DE ESTANCIA HOSPITALARIA

En cuanto a los tiempos de estancia hospitalaria, en el grupo experimental la media fue de 9,40 días de estancia (SD=1,76), mediana de 9 días y rango de 7 a 14 días; y en el grupo control la media fue 9,80 días (SD=1,81), mediana de 9 días y rango de 6 a 15 días) (Figura 45).

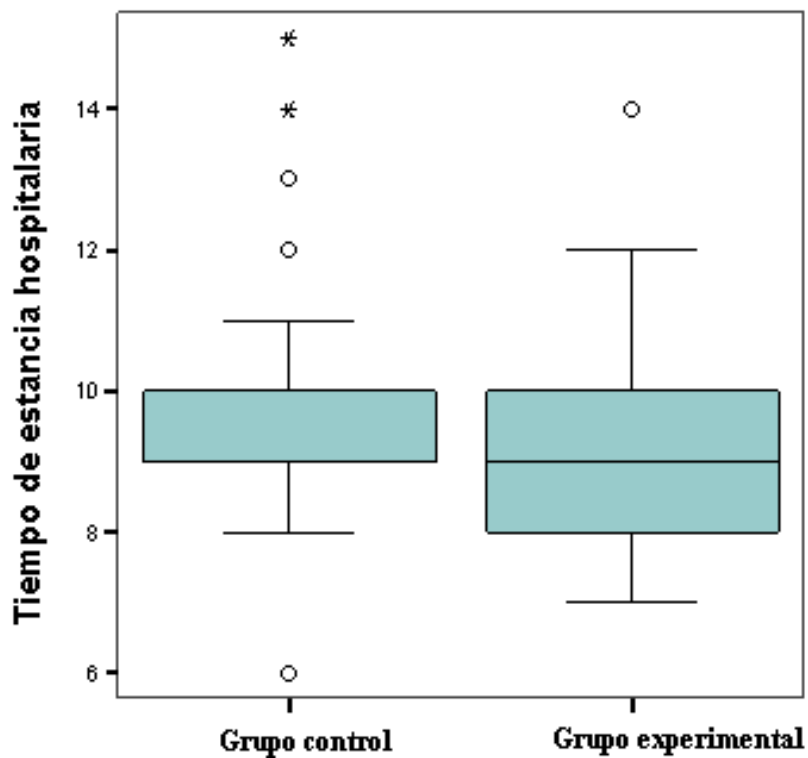


Figura 45. Diagrama de cajas y bigotes comparativo de los tiempos medios de estancia hospitalaria durante el postoperatorio del colgajo DIEAP en ambos grupos.

La reducción media en los tiempos de estancia hospitalaria que se obtuvo con la planificación prequirúrgica llevada a cabo con el programa VirSSPA con respecto al

grupo control fue de 0,40 días (9,40 días VS. 9,80 días). Las diferencias entre ambos grupos no fueron, sin embargo, estadísticamente significativas ($p= 0,353$).

6.2.3.3. NÚMERO DE CONCENTRADOS DE HEMATÍES TRANSFUNDIDOS

En el grupo de pacientes en que la planificación prequirúrgica se realizó con el aplicativo VirSSPA el número medio de concentrados de hematíes transfundidos fue de 0,40 concentrados ($SD=0,77$), con una mediana de 0 concentrados y un rango de 0 a 2 concentrados. En el grupo control, la media de los concentrados de hematíes transfundidos fue de 1,09 concentrados ($SD=1,14$), mediana de 1 concentrado de hematíes y rango de 0 a 4 concentrados (Figura 46).

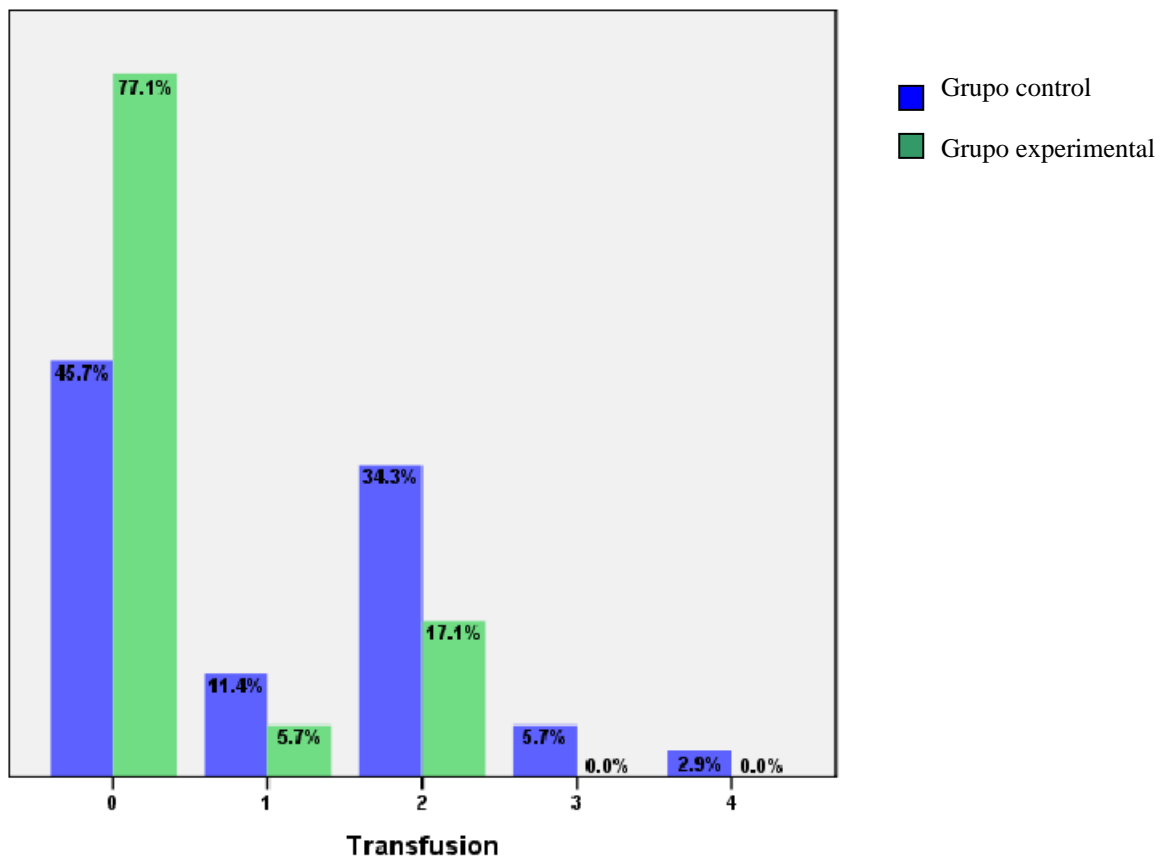


Figura 46. Distribución de los números de concentrados de hematíes transfundidos en función del uso o no del programa VirSSPA para la planificación quirúrgica

En la figura 47 se encuentra representada la comparación entre el número medio de concentrados de hematíes transfundidos en cada grupo. Entre ambos grupos, el grupo control y el grupo experimental, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al número de concentrados de hematíes transfundidos ($p=0,005$).

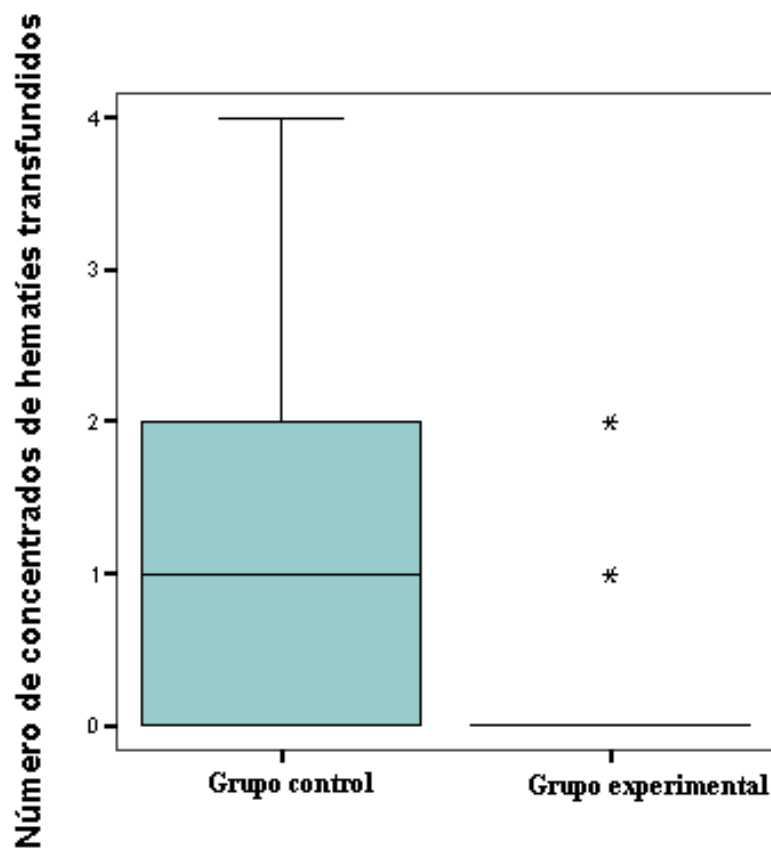


Figura 47. Diagrama de cajas y bigotes comparativo del número medio de concentrados de hematíes transfundidos durante el postoperatorio del colgajo DIEAP en ambos grupos.

Se comprobó que ninguna de las tres variables anteriormente referidas seguía una distribución normal tras aplicarles el test de Kolmogorov-Smirnov.

6.2.3.4. REINTERVENCIONES

En el grupo de pacientes en que la planificación quirúrgica de la reconstrucción mamaria se realizó con la herramienta VirSSPA, ninguna paciente fue reintervenida durante el postoperatorio (Figura 48). En el grupo control se reintervinieron 6 de las 29 pacientes (17,14%), encontrándose diferencias estadísticamente significativas en cuanto al número de reintervenciones entre ambos grupos ($p=0,025$) (Tabla 8).

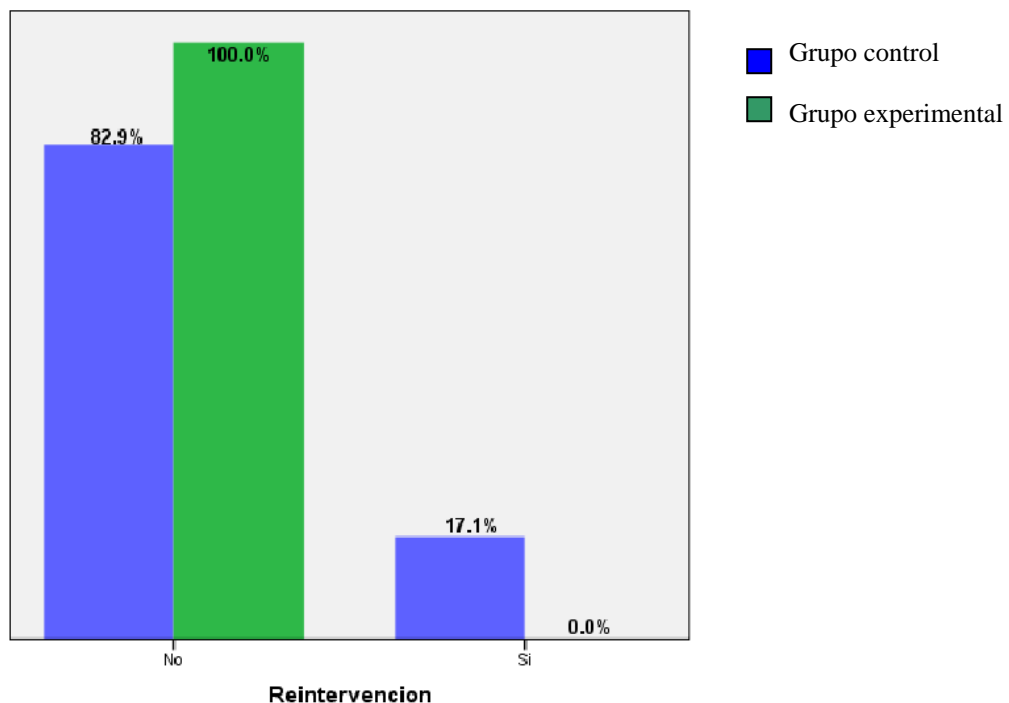


Figura 48. Distribución del número de reintervenciones en función del uso o no del programa VirSSPA para la planificación quirúrgica.

6.2.4. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS COMPLICACIONES ENTRE AMBOS GRUPOS

6.2.4.1. COMPLICACIONES GLOBALES

La tasa global de cualquier tipo de complicación tras la cirugía en nuestra serie de 70 pacientes fue de 35,71%. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en

cuanto a las complicaciones globales tras cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP entre el grupo experimental y el grupo control (Tabla 9).

	CONTROL (DOPPLER U.S.)	EXPERIMENTAL (VirSSPA)	TOTAL	<i>p</i>
COMPLICACIONES TOTALES	23	2	25	<0,001

Tabla 9. Complicaciones globales comparativas entre el grupo experimental y el grupo control.

6.2.4.2. COMPLICACIONES COLGAJO DIEAP

La tasa global de presentación de complicaciones del colgajo DIEAP en toda la serie de 70 pacientes fue del 20%. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a las complicaciones del colgajo DIEAP entre el grupo experimental y el grupo control (Tabla 10).

	CONTROL (DOPPLER U.S.)	EXPERIMENTAL (VirSSPA)	TOTAL	<i>p</i>
COMPLICACIONES COLGAJO DIEAP	14	0	14	<0,001
COMPLICACIONES ZONA DONANTE	15	2	17	0,001
COMPLICACIONES SISTÉMICAS	5	0	5	0,054

Tabla 10. Complicaciones agrupadas comparativas entre el grupo experimental y el grupo control.

Ninguna de las pacientes del grupo experimental presentó complicaciones del colgajo DIEAP durante el período de seguimiento postoperatorio. En el grupo control,

14 de las 35 pacientes (40%) desarrollaron algún tipo de complicación durante el seguimiento tras la intervención quirúrgica. De ellas, la más frecuente fue la necrosis parcial del colgajo que apareció en 4 de las 35 pacientes (11,42%), seguido de la necrosis grasa presente en 3 pacientes (8,57%). Se produjeron en nuestra serie 2 casos (5,71%) de cada una de las siguientes complicaciones: necrosis total del colgajo, trombosis arterial del pedículo vascular, seroma y hematoma. Las dos pérdidas totales del colgajo se debieron a una trombosis arterial del pedículo en un caso y a una insuficiencia vascular combinada en otro, con trombosis arterial y congestión venosa del colgajo (Figura 49). En otra paciente en la que durante el postoperatorio se advirtieron signos de trombosis arterial, tras llevar a cabo una reintervención quirúrgica, el colgajo DIEAP pudo ser revascularizado. En ninguna de las pacientes aparecieron signos de infección del colgajo o de congestión venosa aislada, por lo que no fue necesario el empleo en ningún caso de anastomosis venosas de rescate (vena epigástrica superficial) (Tabla 11).

	GRUPO CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL		<i>p</i>
	No.	%	No.	%	
Necrosis grasa.	3	8,57%	0	0%	0,239
Necrosis total.	2	5,71%	0	0%	0,493
Necrosis parcial.	4	11,42%	0	0%	0,114
Trombosis arterial.	2	5,71%	0	0%	0,239
Congestión venosa.	0	0%	0	0%	1
Insuficiencia combinada.	1	2,85%	0	0%	1
Infección.	0	0%	0	0%	1
Seroma.	2	5,71%	0	0%	0,493
Hematoma.	2	5,71%	0	0%	0,493
Total	16	45,68%	0	0%	

Tabla 11. Complicaciones del colgajo DIEAP en las 70 reconstrucciones mamarias realizadas con y sin la herramienta de realidad virtual VirSSPA.

Como dos de las pacientes presentaron más de una complicación del colgajo, la suma total de las complicaciones del colgajo DIEAP es mayor de 14, que fue el número total de pacientes que presentaron algún tipo de complicación del colgajo.

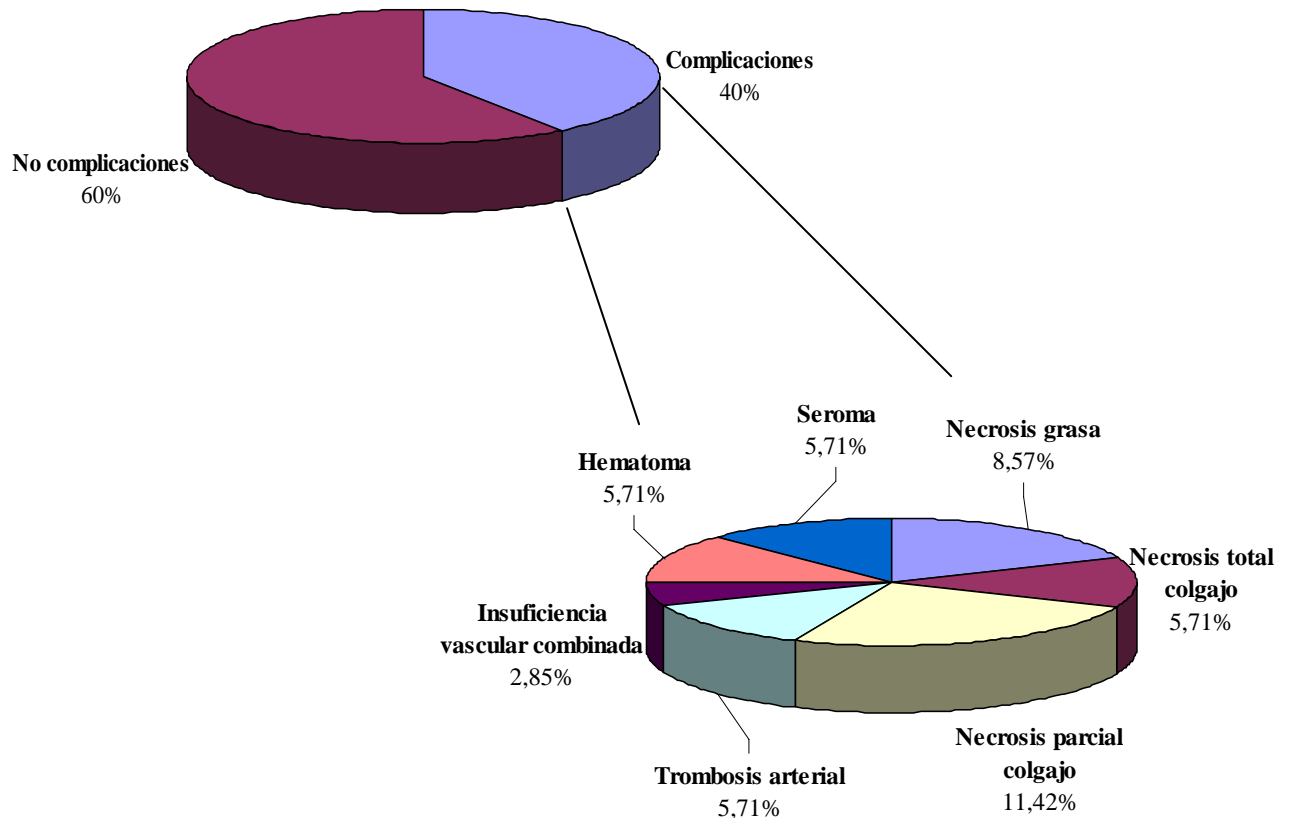


Figura 49. Complicaciones del colgajo DIEAP en las pacientes del grupo control. En el grupo experimental ninguna paciente presentó complicaciones del colgajo.

Ninguna de las complicaciones del colgajo DIEAP analizadas individualmente mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos: experimental y control ($p > 0,05$) (Tabla 11). Aún así, se observó una tendencia que indicaba que la planificación prequirúrgica con el aplicativo VirSSPA tenía un efecto positivo tanto en

la necrosis parcial del colgajo como en la pérdida total del mismo; 0% versus 11,42% ($p=0,114$) y 0% versus 5,71% ($p=0,493$), respectivamente.

6.2.4.3. COMPLICACIONES DE LA ZONA DONANTE ABDOMINAL

En cuanto a las complicaciones en la zona donante del colgajo DIEAP (región abdominal), éstas se presentaron en 17 de las 70 pacientes intervenidas (24,28%). En el grupo experimental dos de las 35 pacientes (5,71%) mostraron algún tipo de complicación abdominal, mientras que 15 de las 35 pacientes (42,85%) del grupo control sufrieron complicaciones abdominales postoperatorias (Tabla 10).

En la tabla 12 se detalla toda la información relativa a las complicaciones abdominales en ambos grupos de pacientes. La complicación más frecuente fue la necrosis en mayor o menor grado del colgajo abdominal tras el cierre de la zona donante, presente en cinco de las 35 pacientes del grupo control (14,28%) (Figura 50).

	GRUPO CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL		<i>p</i>
	No.	%	No.	%	
Hematoma.	2	5,71%	0	0%	0,493
Seroma.	4	11,42%	2	5,71%	0,673
Infección.	0	0%	0	0%	1
Hernia.	0	0%	0	0%	1
Necrosis umbilical.	0	0%	0	0%	1
Necrosis colgajo abdominal.	5	14,28%	0	0%	0,054
Debilidad sintomática.	2	5,71%	0	0%	0,493
Debilidad asintomática.	1	2,85%	0	0%	1
Dehiscencia herida mayor.	2	5,71%	0	0%	0,493
Dehiscencia herida menor.	4	11,42%	0	0%	0,114
Total	20	57,10%	2	5,71%	

Tabla 12. Complicaciones de la zona donante abdominal en las 70 reconstrucciones mamarias realizadas con y sin la herramienta de realidad virtual VirSSPA.

Tras esta, la siguiente complicación que se observó con mayor frecuencia fue el seroma en la herida de la región abdominal, presente en cuatro de las 35 pacientes del grupo control (11,42%) y en dos de las del grupo experimental en que la planificación prequirúrgica se realizó con VirSSPA (5,71%) (Figura 51). También en cuatro de las 35 pacientes del grupo control se produjo una dehiscencia menor de la herida abdominal (11,42%). Las siguientes complicaciones en orden de frecuencia fueron el hematoma, la dehiscencia mayor de la herida y la debilidad sintomática de la pared abdominal presentes cada una de ellas en dos pacientes (5,71%), todas agrupadas en el grupo control. Tan sólo una de las pacientes del grupo control (2,85%) presentó una debilidad asintomática de la pared abdominal (Figura 50). Ninguna de las 70 pacientes de nuestra serie presentó infección de la herida quirúrgica, hernia de la pared abdominal o necrosis umbilical.

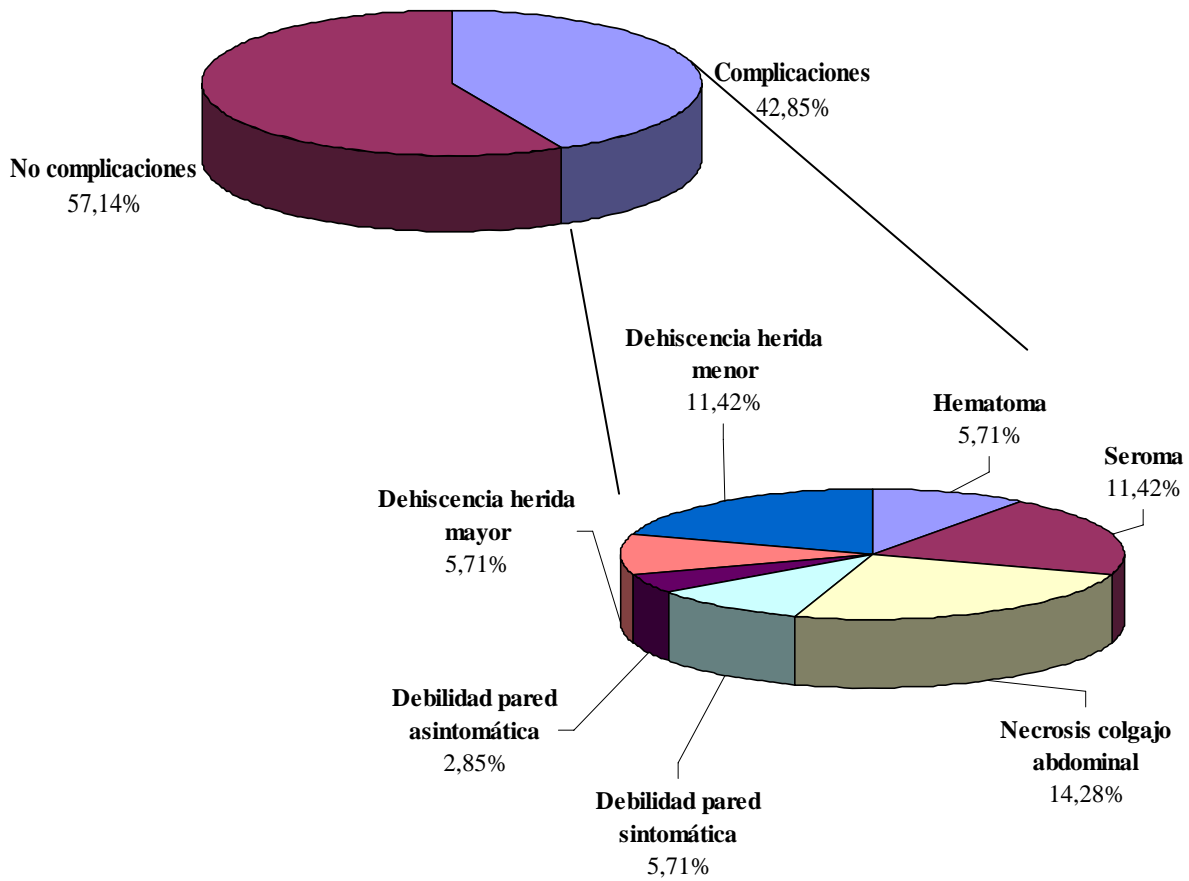


Figura 50. Complicaciones de la zona donante abdominal en el grupo de las pacientes intervenidas sin la herramienta VirSSPA (grupo control).

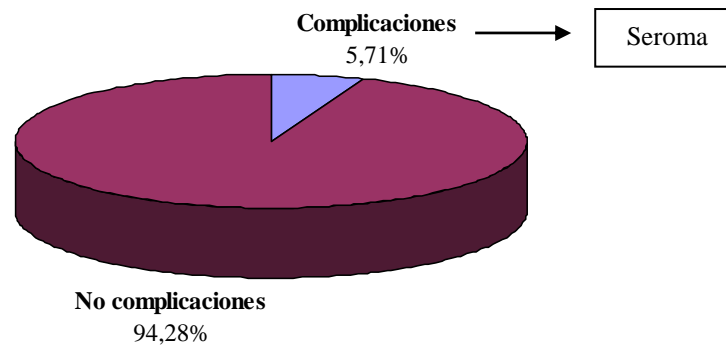


Figura 51. Complicaciones de la zona donante abdominal en el grupo de las pacientes intervenidas con ayuda de la herramienta VirSSPA (grupo experimental).

Como varias de las pacientes presentaron más de una complicación en la región abdominal, la suma total de las complicaciones de la zona donante abdominal es mayor de 17, que fue el número total de pacientes que presentaron algún tipo de complicación abdominal.

Ninguna de las complicaciones de la zona donante abdominal analizadas individualmente mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos: experimental y control ($p > 0,05$) (Tabla 12). Aún así, se observó una tendencia que indicaba que la planificación prequirúrgica con el aplicativo VirSSPA tenía un efecto positivo sobre la debilidad sintomática de la pared abdominal postoperatoria; 0% versus 5,71% ($p = 0,493$).

6.2.4.4. COMPLICACIONES SISTÉMICAS

En la serie de 70 pacientes se produjeron cinco complicaciones sistémicas postoperatorias (7,14%) (Tabla 10). Tres pacientes (4,28%) desarrollaron una trombosis venosa profunda (TVP), una paciente (1,42%) un infarto agudo de miocardio (IAM) y otra paciente (1,42%) presentó un derrame pleural (DP) durante el postoperatorio de la intervención. No se observó ningún otro tipo de complicaciones sistémicas en pacientes

intervenidas (Figura 52). Todas estas pacientes pertenecían al grupo control, lo que significa que el 14,27% de las 35 pacientes en las que la planificación quirúrgica de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP se realizó sin el aplicativo VirSSPA desarrollaron una complicación sistémica durante el postoperatorio (2,85% un IAM; 8,57% una TVP; 2,85% un DP) (Tabla 13).

	GRUPO CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL		<i>p</i>
	No.	%	No.	%	
Infarto agudo miocardio.	1	2,85%	0	0	1
Trombosis venosa prof.	3	8,57%	0	0	0,239
Derrame pleural.	1	2,85%	0	0	1
Alteraciones plexo braq.	0	0%	0	0	1
Total	5	14,27%	0	0%	

Tabla 13. Complicaciones sistémicas en las 70 reconstrucciones mamarias realizadas con y sin la herramienta de realidad virtual VirSSPA.

Ninguna de las complicaciones sistémicas analizadas individualmente ocurridas durante el postoperatorio mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos: experimental y control ($p > 0,05$) (Tabla 13). Aún así, se observó una tendencia que indicaba que la planificación prequirúrgica con el aplicativo VirSSPA tenía un efecto positivo sobre la aparición de trombosis venosa profunda tras la intervención quirúrgica; 0% versus 8,57% ($p = 0,239$).

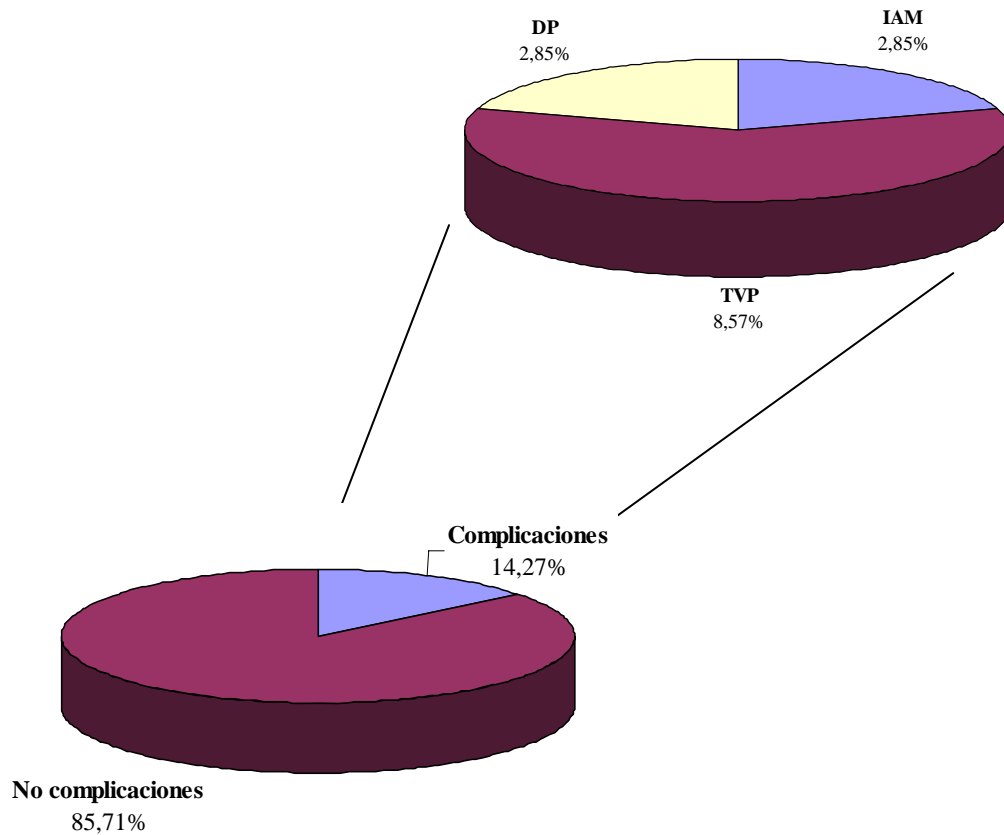


Figura 52. Complicaciones sistémicas durante el postoperatorio en las pacientes del grupo control. En el grupo experimental ninguna paciente presentó complicaciones sistémicas.

Así pues, entre ambos grupos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a dos de los tres tipos de complicaciones globales tras la intervención: complicaciones del colgajo DIEAP ($p < 0,001$) y complicaciones en la zona donante abdominal ($p = 0,001$). Las complicaciones sistémicas analizadas globalmente no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos ($p = 0,054$) (Tabla 10).

6.2.5. ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RIESGO Y LAS COMPLICACIONES

6.2.5.1. ANÁLISIS UNIVARIANTE

De manera pormenorizada se estudió la relación entre cada una de las posibles complicaciones (englobadas en los tres grupos de grandes complicaciones de este tipo de cirugía: de la zona donante abdominal, del colgajo DIEAP y sistémicas) y cada uno de los que fue considerado factor de riesgo para sufrir complicaciones en la cirugía y que se han mencionado anteriormente: diabetes, hipertensión, un IMC >30, quimioterapia previa, un número de perforantes >2 en que se basó el colgajo DIEAP, un tiempo de isquemia del colgajo >60 minutos, un tiempo de disección del colgajo >150 minutos o un tiempo operatorio total >500 minutos. Dicho estudio viene detallado a continuación.

A) COMPLICACIONES GLOBALES

El hecho de presentar cualquier tipo de complicación tras la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP mostró relaciones estadísticamente significativas con los tiempos de disección del colgajo >150 minutos, con un tiempo de isquemia del colgajo >60 minutos, con un tiempo operatorio total >500 minutos y con el uso de la herramienta VirSSPA de realidad virtual para la planificación prequirúrgica (Tabla 14).

El resto de los considerados como posibles factores de riesgo no mostraron relaciones significativas con las complicaciones globales postquirúrgicas.

	Complicaciones globales
VirSSPA	<0,001*
Diabetes Mellitus	0,341
Hipertensión	0,756
Quimioterapia	0,613
Índice masa corporal >30	0,712
No. Perforantes >2	0,455
T. isquemia >60 min.	<0,001*
T. disección >150 min.	0,005*
T. operatorio total >500 min	0,001*

* Significación estadística

Tabla 14. Análisis univariante de las relaciones entre los considerados como factores de riesgo y las complicaciones globales postquirúrgicas en la serie de 70 pacientes en que se llevó a cabo la reconstrucción mamaria con el colgajo DIEAP.

B) COMPLICACIONES DEL COLGAJO DIEAP

No se observó una relación estadísticamente significativa entre diabetes, hipertensión, un IMC >30, la existencia de quimioterapia previa, el número de perforantes > 2 para nutrir el colgajo DIEAP y las complicaciones que tuvieron lugar en el colgajo DIEAP una vez readaptado a su nueva posición. Tanto los tiempos de disección del colgajo >150 minutos ($p=0,002$), como el de isquemia > 60 minutos ($p=0,007$) y un tiempo operatorio total > 500 minutos ($p=0,025$), así como el no empleo de la herramienta de realidad virtual VirSSPA ($p<0,001$) para la planificación prequirúrgica, mostraron en cambio una relación significativa con las complicaciones del colgajo DIEAP (Tabla 15).

	Complicaciones colgajo DIEAP	Complicaciones zona donante	Complicaciones sistémicas
VirSSPA	<0,001*	0,001*	0,054
Diabetes Mellitus	0,260	0,589	0,318
Hipertensión	0,720	1	1
Quimioterapia	0,577	0,246	1
Indice masa corporal >30	1	0,678	0,508
No. Perforantes>2	0,764	0,578	0,383
T.isquemia>60 min.	0,007*	0,014*	0,313
T.disección>150 min.	0,002*	0,264	0,066
T.operatorio total>500 min.	0,025*	0,038*	0,157

* Significación estadística

Tabla 15. Análisis univariante de las relaciones entre los considerados como factores de riesgo y las complicaciones quirúrgicas englobadas en tres grandes grupos en la serie de 70 pacientes en que se llevó a cabo el colgajo DIEAP.

C) COMPLICACIONES DE LA ZONA DONANTE ABDOMINAL

Tan solo tres de las variables estudiadas mostraron relaciones significativas con las complicaciones en la zona donante abdominal: la falta de uso del aplicativo VirSSPA en la planificación quirúrgica ($p=0,001$), un tiempo de isquemia del colgajo >60 minutos ($p=0,014$) y un tiempo operatorio total > 500 minutos ($p=0,038$) (Tabla 15).

Sin embargo, se observó también una tendencia indicativa de que los tiempos de disección del colgajo DIEAP superiores a 150 minutos tenían un efecto negativo sobre las complicaciones postoperatorias en la zona donante frente a aquellas pacientes en que

la disección se realizó en menos de 150 minutos, aunque esta no alcanzara significación estadística; 30% versus 16,66% ($p=0,264$) (Tabla 16).

	TIEMPO DISECCIÓN < 150 min	TIEMPO DISECCIÓN >150 min	TOTAL	<i>p</i>
COMPLICACIONES ZONA DONANTE	5	12	17	0,264

Tabla 16. Relación entre las complicaciones en la zona donante abdominal y los tiempos de disección del colgajo DIEAP mayores de 150 minutos.

D) COMPLICACIONES SISTÉMICAS

De entre todas las variables analizadas, ninguna de ellas mostró relaciones estadísticamente significativas con las complicaciones sistémicas que tuvieron lugar durante el postoperatorio (Tabla 15). Se observó, sin embargo, una tendencia que indicaba que los tiempos operatorios > 500 minutos y la planificación quirúrgica sin la herramienta VirSSPA tenían un efecto negativo en las complicaciones sistémicas frente a aquellas pacientes en que los tiempos operatorios fueron menores de 500 minutos y se realizó la planificación quirúrgica con VirSSPA; 10,86% versus 0% ($p=0,157$) y 14,27% versus 0% ($p=0,054$), respectivamente (Tablas 17 y 18).

	CONTROL (DOPPLER U.S.)	EXPERIMENTAL (VirSSPA)	TOTAL	<i>p</i>
COMPLICACIONES SISTÉMICAS	5	0	5	0,054

Tabla 17. Relación entre las complicaciones sistémicas postoperatorias y el empleo de la herramienta VirSSPA de realidad virtual para la planificación quirúrgica del colgajo DIEAP.

	TIEMPO OPERATORIO < 500 min	TIEMPO OPERATORIO >500 min	TOTAL	<i>p</i>
COMPLICACIONES SISTÉMICAS	0	5	5	0,157

Tabla 18. Relación entre las complicaciones sistémicas postoperatorias y los tiempos operatorios totales mayores de 500 minutos.

6.2.5.2. MEDIDA DE LA ASOCIACIÓN DEL RIESGO

A) COMPLICACIONES GLOBALES

El uso de la herramienta VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP resultó ser un factor protector (OR, 0,03; IC 95%, 0,006 a 0,15) frente a la probabilidad de sufrir cualquier complicación ya sea sistémica, de la zona donante abdominal o del colgajo DIEAP, tras llevar a cabo cirugía de reconstrucción mamaria con tejido autólogo (Tabla 19). Esta asociación fue estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

	OR	Li IC95	Ls IC95	p
VirSSPA	0,03	0,006	0,15	<0,001*
Diabetes Mellitus	2,93	0,45	18,86	0,257
Hipertensión	0,66	0,18	2,39	0,535
Quimioterapia	1,87	0,24	14,15	0,545
Indice masa corporal >30	1,52	0,36	6,28	0,560
No. Perforantes>2	0,64	0,23	1,75	0,389
T. isquemia>60 min	19,20	2,38	154,45	0,005*
T. disección colgajo>150 min	5,00	1,59	15,67	0,006*
T. operatorio total>500 min	11,00	2,31	52,27	0,003*

* Significación estadística.

Li IC95: Límite inferior del intervalo de confianza.

Ls IC95: Límite superior del intervalo de confianza

Tabla 19. Factores de riesgo y su asociación con cualquier complicación.

La Odds Ratio determinó que los tiempos operatorios mayores de 500 minutos y los tiempos de isquemia del colgajo superiores a 60 minutos se encuentran asociados de manera importante con las complicaciones globales tras una cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. En consecuencia, una paciente en la que el tiempo de intervención fuera mayor de 500 minutos o el tiempo de isquemia del colgajo superior a los 60 minutos presenta una probabilidad 11 veces mayor o 19,2 veces mayor, respectivamente, de desarrollar una complicación (cualquiera de ellas) tras la cirugía (OR, 11,00; IC 95%, 2,31 a 52,27 con una $p=0,003$) y OR, 19,20; IC 95%, 2,38 a 154,45 con una $p=0,005$ (Tabla 19).

Análisis posteriores confirmaron que las pacientes en las que el tiempo de disección del colgajo superó los 150 minutos son 5 veces más propensas a presentar cualquier tipo de complicación tras la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo

DIEAP (OR, 5,00; IC 95%, 1,59 a 15,67 con una $p=0,006$). Estas asociaciones no aparecían en ninguno de los otros considerados como factores de riesgo.

B) COMPLICACIONES DEL COLGAJO DIEAP

El uso de la herramienta VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP resultó ser un factor protector (OR, 0,002; IC 95%, 0,001 a 0,25 con una $p<0,001$) frente a la probabilidad de sufrir complicaciones del colgajo DIEAP, tras llevar a cabo cirugía de reconstrucción mamaria con tejido autólogo (Tabla 20). Sin embargo, los tiempos de disección del colgajo DIEAP superiores a 150 minutos se relacionaron con un riesgo 13,96 veces mayor de desarrollar algún tipo de complicación en el colgajo DIEAP que aquellas pacientes con un tiempo de disección menor (OR, 13,96; IC 95%, 1,70 a 114,07 con una $p=0,014$). Los tiempos operatorios mayores de 500 minutos también mostraron una propensión mayor y significativa de estas pacientes a desarrollar complicaciones del colgajo DIEAP frente a aquellas con tiempos operatorios totales menores. Una paciente en que el tiempo de intervención fuera mayor de 500 minutos presenta una probabilidad 9,06 veces mayor de desarrollar complicaciones del colgajo DIEAP que aquellas con tiempos inferiores a los 500 minutos (OR, 9,06; IC 95%, 1,10 a 74,17 con una $p=0,040$) (Tabla 20).

	OR	Li IC95	Ls IC95	P
VirSSPA	0,002	0,001	0,25	<0,001*
T. disección colgajo>150 min	13,96	1,70	114,07	0,014*
T. operatorio total>500 min	9,06	1,10	74,17	0,040*

*Significación estadística

Li IC95: Límite inferior del intervalo de confianza.

Ls IC95: Límite superior del intervalo de confianza

Tabla 20. Medidas de asociación del riesgo estadísticamente significativas entre los considerados como posibles factores de riesgo y las complicaciones del colgajo DIEAP.

Ninguna de las complicaciones del colgajo DIEAP analizadas de manera individual mostró asociaciones de riesgo significativas con los considerados como posibles factores de riesgo.

C) COMPLICACIONES DE LA ZONA DONANTE ABDOMINAL

El uso de la herramienta VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP resultó ser un factor protector (OR, 0,08; IC 95%, 0,01 a 0,39 con una p=0,002) frente a la probabilidad de sufrir complicaciones en la zona donante abdominal tras llevar a cabo cirugía de reconstrucción mamaria con tejido autólogo (Tabla 21).

	OR	Li IC95	Ls IC95	P
VirSSPA	0,08	0,01	0,39	0,002*
T. isquemia>60 min	9,69	1,19	78,81	0,034*
T. operatorio total>500 min	5,32	1,10	25,66	0,037*

* Significación estadística

Li IC95: Límite inferior del intervalo de confianza.

Ls IC95: Límite superior del intervalo de confianza

Tabla 21. Medidas de asociación del riesgo estadísticamente significativas entre los considerados como posibles factores de riesgo y las complicaciones en la zona donante abdominal.

La Odds Ratio determinó que los tiempos operatorios mayores de 500 minutos y los tiempos de isquemia del colgajo por encima de los 60 minutos se encuentran asociados de manera importante con las complicaciones en la zona donante abdominal tras una cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Una paciente con un tiempo de intervención mayor de 500 minutos tiene 5,32 veces más probabilidades de desarrollar una complicación de la zona donante que aquellas con un tiempo menor de permanencia en el quirófano (OR, 5,32; IC 95%, 1,10 a 25,66 con una $p=0,037$). Asimismo, los tiempos de isquemia del colgajo DIEAP superiores a 60 minutos se relacionaban con un riesgo 9,69 veces mayor de desarrollar algún tipo de complicación postquirúrgica en la zona donante abdominal que aquellas pacientes con un tiempo de isquemia menor (OR, 9,69; IC 95%, 1,19 a 78,81 con una $p=0,034$) (Tabla 21).

Las pacientes que habían recibido terapia neoadyuvante a base de quimioterapia fueron, de una manera significativa, más propensas a desarrollar seromas en la herida abdominal, con una Odds Ratio de 15,50 (OR, 15,50; IC 95%, 1,14 a 236,20 con una $p=0,034$). Sin embargo, ninguna de las otras complicaciones de la zona donante abdominal analizadas de manera individual mostró asociaciones de riesgo significativas con los considerados como posibles factores de riesgo.

D) COMPLICACIONES SISTÉMICAS

No se encontraron medidas de asociación del riesgo estadísticamente significativas entre los planteados como posibles factores de riesgo y la posibilidad de sufrir complicaciones sistémicas durante el postoperatorio en pacientes intervenidas de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP.

6.2.5.3. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LOGÍSTICA

Se realizó un análisis de regresión logística bivariante por pasos hacia adelante (razón de verosimilitud) con las variables que se habían mostrado significativas en el análisis univariante (Tabla 15). La única variable que mantuvo su significación estadística de manera independiente fue el empleo de la herramienta VirSSPA para la planificación quirúrgica del colgajo DIEAP (Tabla 22). Así pues, el único factor pronóstico en el análisis de regresión fue la planificación prequirúrgica de la intervención con la herramienta de realidad virtual VirSSPA.

Variable	Odds ratio	IC95%	p-valor
<i>Planificación quirúrgica con herramienta VirSSPA</i>			
Sí	1	-	<0,001
No	31,62	6,45-154,89	
<i>- 2 log de la verosimilitud: 30,91</i>			

Tabla 22. Análisis de regresión logística para el riesgo de complicación global.

La probabilidad de sufrir cualquier tipo de complicación tras la cirugía sin el uso del programa VirSSPA es 31,62 veces mayor que aquella que se obtiene cuando la planificación prequirúrgica se realiza con el programa VirSSPA de reconstrucción tridimensional (IC 95%: 6,45-154,89).

7. DISCUSIÓN

La planificación preoperatoria de los colgajos abdominales es un procedimiento muy ventajoso en términos de velocidad, seguridad y comodidad del cirujano en el quirófano. Las técnicas de mapeo de perforantes abdominales con TAC y reconstrucción 3D se encuentran entre las tecnologías de imagen más modernas actualmente disponibles⁷⁷ y su uso es, por lo tanto, recomendable en la práctica de la cirugía reconstructiva actual.

Las **imágenes de realidad virtual** se pueden generar de muy diversas formas. Nosotros hemos utilizado el programa de realidad virtual VirSSPA, desarrollado por un grupo de ingenieros de la Fundación Alcalá Innova, la Universidad de Sevilla y la Fundación Reina Mercedes en los Hospitales Universitarios Virgen del Rocío. En nuestro entorno 3D de realidad virtual las estructuras pueden aparecer y desaparecer de la reconstrucción por medio de un interfaz intuitivo construido dentro del modelo. La posibilidad de poder convertir las estructuras más superficiales en imágenes transparentes permite al usuario apreciar mejor la relación 3D entre las estructuras superficiales y las profundas. Podemos evaluar el calibre de las perforantes, pero no su flujo. Basándose en el calibre, la posición y el recorrido intramuscular, el cirujano puede elegir la perforante más adecuada no en función de la evaluación clínica sino dependiendo de una serie de detalles técnicos facilitados por nuestro sistema de navegación.

Para realizar el modelo de realidad virtual se necesita un **AngioTAC abdominal previo**. La técnica suele ser bien tolerada por los pacientes porque es bastante simple y rápida. Su principal limitación es la posibilidad de disponer del escáner para realizar los AngioTAC, aunque esto es cada vez menos limitante para la mayoría de los hospitales e instituciones. En la literatura existen descripciones de la adquisición de imágenes de AngioTAC de alta calidad para el mapeo de perforantes abdominales con una amplia

variedad de parámetros y aparatos, que pueden ir desde TAC de 4 a 64 coronas^{82,83,276,277}. En nuestro estudio hemos empleado para realizar los AngioTAC abdominales el TAC de 16 coronas disponible en el Hospital de Rehabilitación y Traumatología (Hospital Universitario Virgen del Rocío), logrando con estas imágenes excelentes reconstrucciones 3D en calidad y precisión²⁷⁸. De todo ello podemos concluir que el programa VirSSPA no necesita de los aparatos de AngioTAC más sofisticados y permite hacer reconstrucciones abdominales prácticamente a partir de cualquier TAC de los que están disponibles en la mayoría de los hospitales hoy en día.

Una de las pocas **contraindicaciones** relativas para la adquisición de imágenes mediante AngioTAC es la claustrofobia severa, aunque los tiempos de adquisición de imágenes suelen ser de tan sólo unos pocos segundos dependiendo de los parámetros; en nuestro estudio los tiempos de adquisición de imágenes fueron de unos 10-12 segundos²⁷⁸. El resto de contraindicaciones relativas se refiere a la sensibilidad a los contrastes intravenosos y a la función renal alterada⁸³. Las principales desventajas para su realización son los costes de la prueba y la exposición tanto a radiaciones ionizantes como a contrastes intravenosos, con una incidencia conocida de anafilaxia con contrastes radiológicos del 0,22-1%²⁷⁹. Aún así, las radiaciones ionizantes a las que estas pacientes se exponen no son tan elevadas como se pensaba en un principio. La dosis de radiación que refieren Masiá y cols.^{77,97,280} es de 5,6 mSv, cantidad menor que la utilizada para un enema opaco o un TAC abdominal convencional. Rozen y cols.²⁷⁶ estiman la dosis de radiación de sus pacientes en 7-8 mSv, efectuando los TAC de la pared abdominal según los protocolos estandarizados del Royal Melbourne Hospital. El grupo de trabajo que surgió a partir del “Segundo curso de planificación de colgajos DIEP con AngioTAC y AngioRM” organizado por la Clínica Universitaria de Navarra en Abril del 2008, entre los que se encuentran autores como Rozen y cols., Acosta y

Alonso-Burgos y cols., cifran la dosis de radiación en menos de 6 mSv, que es la dosis de radiación que se obtiene con cuatro radiografías abdominales^{82,83,86,97-99,276}. En nuestro estudio, la dosis de radiación a que se sometió a nuestras pacientes para obtener las imágenes de AngioTAC, a partir de las que se realizó la reconstrucción 3D con VirSSPA, estuvo comprendida entre 5 y 6 mSv (ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator Version 0.99 w, ImPACT, Hospital St. George, Londres, UK)²⁷⁸.

Debe tenerse en cuenta que todas estas radiaciones están referidas a TAC abdominales realizados con un **rango de escaneado** comprendido entre el origen de las arterias epigástricas inferiores profunda y superficial en la arteria femoral común como límite inferior, y unos dos a cuatro cm por encima del ombligo como límite superior. Es importante limitar el rango de escaneado puesto que, si se realiza un TAC completo de tórax y abdomen, se incrementan hasta casi tres veces las dosis de radiación expuestas anteriormente⁸³. Con el fin de reducir la radiación a la que se ven sometidas las pacientes puede realizarse el TAC preoperatorio para el mapeo de perforantes haciéndolo coincidir con el TAC o pruebas de imagen necesarias para el estadiaje del cáncer de mama. Así, además de evitar múltiples radiaciones, se acortan los tiempos necesarios para la planificación preoperatoria^{278,281}.

Durante la realización de un AngioTAC para la planificación preoperatoria es posible detectar como **hallazgos casuales** patologías que pueden ser potencialmente mortales para la paciente, como por ejemplo los aneurismas de la aorta abdominal o cualquier otra tumoración. Una detección precoz de los mismos implica una reducción de la morbilidad y la mortalidad potencial asociadas con la detección tardía. See y cols.²⁸² revisaron los AngioTAC preoperatorios para el mapeo de perforantes en una serie de 104 pacientes sometidas a reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP de forma consecutiva durante los años 2007 y 2008. Hallaron una incidencia del 13% de

hallazgos inesperados en mujeres en espera de reconstrucción mamaria, por otro lado asintomáticas. Las patologías encontradas fueron todas benignas, entre ellas quistes y hemangiomas del sistema hepatobiliar y pélvicos. Uppal y cols.²⁸³ refieren tres hallazgos en los AngioTAC preoperatorios de 250 mujeres en espera de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. En su serie, los hallazgos fueron todos malignos. Todas estas tumoraciones eran totalmente asintomáticas en el momento de realización del AngioTAC preoperatorio para el mapeo de perforantes. Su detección temprana permitió a las pacientes, en último término, someterse a una cirugía curativa²⁸³. Así pues, el TAC puede ser una prueba diagnóstica útil en aquellas pacientes con cáncer de mama. Creemos que el mapeo de perforantes con AngioTAC abdominal debe llevarse a cabo de manera coordinada y cuidadosamente planificada con el equipo de oncólogos, de tal forma que constituya parte de las investigaciones rutinarias de estadiaje oncológico a las que las pacientes deben someterse en todos los casos. De esta forma, se eliminan factores tales como el exceso de radiación y los costes del mapeo de perforantes con AngioTAC abdominal.

7.1. DISCUSIÓN DE LA VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE REALIDAD VIRTUAL VirSSPA EN LA PLANIFICACIÓN PREQUIRÚRGICA DEL COLGAJO DIEAP

En este apartado se realiza una discusión sobre la validación del programa VirSSPA para el mapeo preoperatorio de perforantes abdominales, previo a su introducción en la práctica clínica. El objetivo del mismo es discutir si la herramienta ha sido correctamente validada, de tal forma que nos permita una posterior comparación entre grupos de pacientes en función de la planificación prequirúrgica.

Con respecto a las reconstrucciones abdominales realizadas a partir del AngioTAC con VirSSPA, consideramos que el **aprendizaje de la técnica** y la identificación de las mayores perforantes no resulta difícil y ambos aspectos pueden ser adquiridos rápidamente por cualquier cirujano motivado. Aún así, existe una curva de aprendizaje que consideramos breve asociada con los equipos informáticos, el software de la aplicación y la interpretación de los datos del TAC. Las reconstrucciones 3D con VirSSPA pueden realizarse en unos 30-40 minutos. Todas las imágenes y datos así generados se almacenan en un CD, lo que permite un manejo fácil de la información en cualquier ordenador, pudiendo ser revisado tantas veces como sea necesario. Las imágenes también pueden cargarse en un ordenador portátil o en los dispositivos y sistemas de imagen intrahospitalarios para poder ser visualizados en el quirófano desde cualquier ángulo durante el transcurso de la intervención quirúrgica. A pesar de la curva de aprendizaje, la posibilidad de permitir al cirujano realizar “cirugía virtual” para la localización 3D preoperatoria de las perforantes abdominales supone una alternativa muy atractiva frente a las técnicas convencionales de AngioTAC. Otra de las ventajas potenciales de nuestro planteamiento del mapeo de perforantes con el programa VirSSPA es que, en un futuro, podrán utilizarse también de forma similar los datos obtenidos de AngioRM.

El **mapeo de perforantes** permite la selección de los vasos más grandes, los cuales no solo favorecen una mejor perfusión del colgajo sino que agilizan la cirugía, ya que los vasos mayores son más fáciles de disecar que los pequeños. También muestra las relaciones anatómicas 3D entre la fascia y la piel, facilitando una mejor comprensión de la extensión anatómica de los grandes vasos subcutáneos. Con respecto a la topografía de las perforantes abdominales, la reconstrucción 3D de la pared abdominal con el programa VirSSPA nos permite valorar el mapa arterial de forma previa a la

cirugía. Esto facilita la búsqueda de la perforante ideal con un volumen abdominal importante como para asegurar la supervivencia del colgajo y una fácil disección. Consideramos que las características expuestas a continuación permiten una mejor y más fácil preparación del pedículo vascular del colgajo. La perforante arterial debe tener un diámetro adecuado, por encima de 1 mm. Ha de seguir un curso recto y paralelo a las fibras musculares, sin muchas ramas musculares grandes a lo largo de su recorrido intramuscular. Se consideran mejores aquellas perforantes que atraviesan el músculo en sus intersecciones tendinosas, puesto que es ahí donde las perforantes adquieren su mayor diámetro, su recorrido a través del músculo es más corto y la disección es más fácil⁵¹. El éxito de los colgajos que se basan en este tipo de vasos se ha atribuido a su gran calibre y corto recorrido. La posibilidad de disecar estos colgajos con pedículos muy largos, descritos como de hasta 17 cm en la literatura^{51,148,149}, y el uso de los vasos mamarios internos localizados centralmente en el tórax, proporcionan una gran flexibilidad para modelar el colgajo en su nueva posición y evitar así un llenado excesivo del lateral de la mama. En nuestra experiencia en reconstrucciones diferidas, el gran calibre y la anatomía constante de los vasos mamarios internos hacen que la disección de los vasos receptores y la microcirugía posterior sean más fáciles que la de los vasos receptores en la axila. En el estudio presentado, todas las reconstrucciones fueron diferidas y todos los colgajos se anastomosaron a los vasos de la mamaria interna.

La determinación de la **precisión obtenida con el software VirSSPA** para el mapeo de los vasos perforantes de la pared abdominal fue considerada esencial en este estudio. Se realizó de forma previa al estudio comparativo para poder justificar el uso de la planificación quirúrgica del colgajo DIEAP con la reconstrucción 3D mediante VirSSPA frente a las otras técnicas de mapeo de perforantes previamente descritas.

Masiá y cols.⁷⁷ realizaron un estudio preliminar en el año 2006 comparando los resultados del AngioTAC con los hallazgos intraoperatorios. Evaluaron las tres mejores perforantes de cada hemiabdomen y obtuvieron un 100% de exactitud en la localización de perforantes con AngioTAC. Rozen y cols.⁹⁴ llevaron a cabo un estudio para determinar exactamente la precisión del AngioTAC en las imágenes preoperatorias de la vascularización de la pared abdominal anterior. Para ello, realizaron una comparativa entre los hallazgos de disecciones en cadáver y las imágenes de AngioTAC. Como ya se ha comentado en la Introducción del presente trabajo, establecieron el valor predictivo positivo y la sensibilidad del AngioTAC para perforantes menores de 1 mm en 95% y 96%, respectivamente. En perforantes mayores, tanto la sensibilidad como el valor predictivo positivo fueron del 100%. Suelen ser precisamente las perforantes mayores de 1 mm aquellas que, de forma más habitual, se seleccionan para la disección del colgajo DIEAP. Por lo tanto, la sensibilidad del 100% obtenida en este estudio supone una mejora importante en la precisión del AngioTAC frente a otros métodos para la planificación preoperatoria, como el Doppler unidireccional o el Doppler color de flujo bidimensional^{66,71,86}.

Los autores anteriormente mencionados repitieron después este mismo estudio en el ámbito clínico, comparando los hallazgos de 42 pacientes quirúrgicos consecutivos con los datos intraoperatorios. Incluyeron en este estudio todas las perforantes halladas, incluso aquellas que no se emplearon en la disección del colgajo. En función de los resultados obtenidos, establecieron la sensibilidad clínica total del AngioTAC en 99,6% y el valor predictivo positivo para el mapeo de perforantes en 99,6%⁹³. Ahora bien, en cuanto a la precisión en la localización de las perforantes, definieron un margen de error de 0,5 cm con respecto al punto exacto en que la perforante emerge a través de la fascia anterior del recto^{93,94}. Este margen de error en la

localización de cada una de las perforantes fue estimado en función de los errores combinados asociados a los movimientos del paciente en el TAC, incluidos aquellos movimientos abdominales involuntarios como la respiración, las medidas bidimensionales de un espécimen curvo como la pared abdominal tomadas a partir del AngioTAC, y los errores de medida tanto del AngioTAC (errores de lectura y de reformateo multiplanar), como de la disección operatoria (cambios de localización del ombligo y movimiento del tejido celular subcutáneo tras la disección abdominal).

Tras sus hallazgos previos, Rozen y cols.²⁸⁴ realizaron otro estudio para obtener una mayor precisión y disminuir el margen de error en la localización de perforantes abdominales con la introducción de técnicas de navegación basadas en la imagen mediante estereotaxis. Describieron el uso de un sistema de estereotaxia sin marco para la localización del punto exacto de emergencia de la perforante a través de la fascia anterior del recto, comparando los hallazgos con los del AngioTAC y con los intraoperatorios. Encontraron que las perforantes situadas mediante estereotaxis tenían una localización mucho más exacta que con el AngioTAC, con un error medio de 0,2 cm con respecto a la localización exacta encontrada durante la disección quirúrgica. El error medio del AngioTAC hallado fue, sin embargo, de 0,5 cm tal y como ya se había descrito en estudios previos²⁸⁴.

Más recientemente, Pacifico y cols.²⁵¹ han utilizado el software Vonavix, originariamente desarrollado para uso en cirugía estereotáxica ósea facial, para aplicarlo al campo del mapeo de perforantes abdominales en el colgajo DIEAP. Para la navegación, hacían coincidir una serie de puntos anatómicos fijos de referencia en el AngioTAC con puntos de referencia anatómicos en el paciente. De esta manera, minimizaban el movimiento de estos puntos entre la realización del AngioTAC y la intervención quirúrgica. Las estructuras empleadas como puntos fijos de referencia

fueron el ombligo, el límite superior de la vulva y, lateralmente, los pliegues cutáneos de la espina ilíaca anterosuperior. Describieron una exactitud de localización con un margen de error de 0,5 cm, error mayor del que se obtenía con la aplicación del programa en otras estructuras anatómicas, lo que atribuyeron a la dificultad de identificación de puntos anatómicos fijos en esa localización abdominal²⁵¹.

Nuestros hallazgos en el estudio actual sugieren que, la planificación preoperatoria para el mapeo de perforantes abdominales con el programa VirSSPA a partir de las imágenes del AngioTAC, puede ser superior incluso a las técnicas convencionales de AngioTAC, con un margen de error medio de tan solo 0,23 cm en la localización de perforantes. Este margen de error puede disminuir hasta 0,17 cm para aquellas perforantes que emergen de la lámina anterior de la fascia del recto abdominal a una distancia igual o menor a cuatro cm del ombligo²⁷⁸. Estas perforantes periumbilicales son las que, de forma más habitual, se seleccionan para nutrir el colgajo DIEAP. Para distancias al ombligo superiores a los cuatro cm, el margen de error en la reconstrucción con VirSSPA se eleva hasta los 0,31 cm; error que continúa siendo menor que el error de localización del AngioTAC descrito en la literatura^{93,94,251}. Existen algunas explicaciones potenciales que podrían justificar este incremento del error medio de localización de las perforantes al alejarnos del ombligo. Con VirSSPA, las mediciones se realizan sobre la reconstrucción abdominal 3D de tal forma que, las distancias se miden adaptadas a la curvatura de la pared abdominal. Por el contrario, las imágenes del AngioTAC de las que deriva la reconstrucción 3D con VirSSPA son bidimensionales y no se arquean adaptándose a la curvatura abdominal provocando, por lo tanto, imprecisiones en las mediciones que son más acusadas cuanto más alejadas del ombligo se encuentran las perforantes abdominales. Además, el uso del ombligo como punto de referencia puede dar lugar a alteraciones en las mediciones, tanto durante la

adquisición de las imágenes en el AngioTAC (por movimientos respiratorios abdominales) como de manera intraoperatoria (debido a los movimientos y desplazamientos del ombligo y el tejido celular subcutáneo tras la disección del colgajo abdominal). Estas imprecisiones pueden ocurrir incluso cuando es el mismo observador el que está realizando las mediciones y resultará obviamente en errores de localización. Aún así, consideramos que este margen de error medio de 0,2 cm para la localización de perforantes abdominales no es clínicamente significativo, y puede asumirse perfectamente durante la disección quirúrgica del colgajo.

Pensamos que el programa VirSSPA disminuye el margen de error en la localización con respecto al AngioTAC aislado porque es capaz de disminuir los errores de lectura y reformateado multiplanar. No obstante, presenta las mismas limitaciones que el AngioTAC en cuanto a los movimientos abdominales del paciente durante la realización de la prueba, que pueden afectar a la precisión en la localización de perforantes. Para intentar minimizar estos movimientos, el AngioTAC abdominal debe realizarse con la paciente en posición decúbito supino y de forma análoga a como va a estar exactamente situada en la mesa de quirófano durante la intervención quirúrgica. Es importante que las pacientes no lleven ropa que pueda deformar el contorno de la pared abdominal. Esto incluye tanto la propia indumentaria como cualquier cinturón o cinta de las batas de hospital. Por otra parte, es recomendable que las pacientes sean estabilizadas sobre el TAC con cintas de Velcro® (que pueden comprimir la pared abdominal y obligar a que la ropa del paciente quede pegada a la piel) para asegurar una posición estable y prevenir que caiga de la mesa de escaneado. Estas cintas se colocan en posiciones fuera del rango de escaneado para optimizar las subsecuentes imágenes de reconstrucción.

Aún así, es importante hacer notar que el error medio de 0,23 cm en la localización de perforantes con nuestro método es muy similar al obtenido por Rozen y cols.²⁸⁴ con cirugía estereotáxica sin marco. Sin embargo, y a diferencia de la reconstrucción con VirSSPA, el marcaje de las perforantes en la piel abdominal para la realización de cirugía estereotáxica puede ser una tarea lenta y que requiere mucho tiempo. Otra consideración que debe tenerse en cuenta al aplicar la tecnología de la estereotaxis son los costes económicos. El coste de un AngioTAC convencional no es muy elevado, y se podría considerar insignificante en el contexto del ahorro de recursos que produce en cuanto a los potenciales tiempos operatorios, la estancia hospitalaria y las complicaciones quirúrgicas. Sin embargo, los equipos y software necesarios para la estereotaxis son mucho más caros y los costes de adquisición del equipo suponen, sin duda, un desembolso inicial significativo. Los costes exactos varían dependiendo de la compañía o marca concreta del equipo, ya que existe mucha competencia entre compañías de estas tecnologías en el mercado. A pesar de todas estas variables, la técnica de la cirugía estereotáxica continúa siendo cara y sólo estaría disponible para instituciones que realicen un gran número de colgajos, en las que el coste inicial se pueda considerar como una inversión a largo plazo. Esto constituye una limitación muy importante para la utilización generalizada de esta técnica.

En nuestro estudio, con el fin de evitar posibles sesgos en las mediciones de las distancias entre las perforantes y el ombligo, estas medidas fueron recogidas de forma intraoperatoria y mediante fotografías con una escala transparente, tal y como se ha detallado en la sección de Material y Métodos del presente trabajo. Las mediciones intraoperatorias fueron realizadas tanto por la investigadora como por el cirujano principal, que ignoraba las medidas de las mismas distancias obtenidas mediante la reconstrucción abdominal 3D con VirSSPA. La concordancia entre las mediciones de

ambos fueron totales y se correspondían también con las obtenidas tras revisar posteriormente las fotografías con plantilla logradas durante la intervención. Por lo tanto, consideramos que esta alternativa de medición es válida para evitar un posible sesgo debido a la falta de posibilidades de realizar un estudio ciego por completo para determinar la exactitud de las medidas.

El programa VirSSPA nos permite trazar de forma precisa el recorrido de las perforantes a través del abdomen de los pacientes. La precisión en la localización del punto en que la perforante emerge a través de la pared abdominal parece ser incluso superior a la obtenida con las técnicas de AngioTAC convencional. Esto permite tomar una serie de decisiones quirúrgicas, como por ejemplo en qué hemiabdomen debe disecarse el colgajo DIEAP o si debemos realizar un colgajo TRAM MS-2 en pacientes con perforantes pequeñas o que presenten un recorrido intramuscular largo. Permite, además, conocer la localización exacta y el calibre del sistema epigástrico superficial, lo cual es importante a la hora de planificar un colgajo SIEAP o tener localizado un sistema de drenaje venoso alternativo para resolver posibles complicaciones de un colgajo DIEAP. El modelo VirSSPA de realidad virtual cambia el procedimiento habitual para la disección del colgajo porque no es necesario verificar clínicamente el valor de cada una de las perforantes mediante una disección cuidadosa y una selección intraoperatoria de las más adecuadas, como se ha venido haciendo clásicamente. Gracias a la reconstrucción 3D, el cirujano puede dirigirse directamente hacia la perforante seleccionada para nutrir el colgajo con confianza, y ligar el resto de perforantes con seguridad y sin pérdidas de tiempo. Esta puede ser la causa que conduzca a unos menores niveles de estrés para el cirujano, así como a una disminución de los tiempos operatorios y de los riesgos quirúrgicos para el paciente, como comentaremos más adelante.

El éxito de este método de planificación preoperatoria radica en la exactitud de sus mediciones cuando se compara con la técnica de AngioTAC, considerada el “gold standard” para el mapeo de perforantes abdominales. El punto clave de la técnica es que permite visualizar de forma clara, y con mayor precisión que el AngioTAC²⁷⁸, el recorrido intramuscular del vaso hasta la perforante elegida, hecho que no ocurre con las técnicas de Doppler²⁵¹. Aunque en general los resultados asociados a la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP son buenos, creemos que todavía se pueden lograr mejoras importantes mediante una mejor comprensión de la anatomía abdominal de las pacientes. Las perforantes deben seleccionarse de forma preoperatoria en función de su tamaño, localización, recorrido intramuscular y subcutáneo y sus asociaciones anatómicas con nervios motores.

De forma adicional, las aptitudes de este modelo de realidad virtual también incluyen su uso como una **herramienta potencial de enseñanza** puesto que proporciona imágenes anatómicas en 3D. Esto hace posible que, cirujanos con menor experiencia quirúrgica, se desplacen a lo largo de la pared abdominal de las pacientes de forma previa a la cirugía para familiarizarse con su anatomía y características concretas. También permite que cirujanos más experimentados decidan qué tipo específico de colgajo abdominal han de disecar en función de las características de la vascularización abdominal, así como en qué lado del abdomen debe basarse el pedículo vascular. Más aún, el sistema permite el entrenamiento de los cirujanos más jóvenes en la selección de pacientes y disección del colgajo DIEAP para reconstrucción mamaria.

7.2. DISCUSIÓN DEL ESTUDIO COMPARATIVO DE RECONSTRUCCIÓN MAMARIA MEDIANTE COLGAJO DIEAP CON LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA VirSSPA

Pretendemos aquí revisar la comparación realizada entre los grupos de pacientes creados en función del uso o no del programa VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP. Esto permite investigar el potencial de las reconstrucciones 3D con VirSSPA para mejorar los resultados perioperatorios en reconstrucción mamaria con tejido autólogo.

7.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MUESTRA

Aunque el presente estudio es consecuente con los **criterios de inclusión y exclusión** del mismo, existe una serie de limitaciones inevitables que merecen consideración aparte. La comparación entre un grupo control retrospectivo y un grupo experimental prospectivo no es lo óptimo en cuanto al diseño del estudio. Pese a ello, consideramos que la variable más significativa a la hora de analizar los resultados operatorios eran los factores quirúrgicos, de tal forma que el estudio se diseñó para controlar tanto al equipo como a todos los factores quirúrgicos, más que para controlar la naturaleza del estudio en cuestión.

Otra limitación de nuestro estudio fue el **criterio de selección** de ambos grupos; todas las pacientes del grupo experimental fueron intervenidas después de las pacientes del grupo control. Por lo tanto, no podemos afirmar con rotundidad que nuestros resultados quirúrgicos sean debidos a la introducción del programa VirSSPA para la planificación preoperatoria y no a otros factores como la experiencia acumulada, las mejoras en el equipo quirúrgico e instrumentación o a mejores y más adecuados

criterios de selección de las pacientes. Antes de introducir la reconstrucción 3D de la pared abdominal con VirSSPA para el mapeo prequirúrgico de perforantes en nuestras pacientes, se habían intervenido ya en nuestra unidad alrededor de unas 100 pacientes con reconstrucciones mamarias mediante colgajo DIEAP. Durante ese período de tiempo, no se habían observado disminuciones significativas en los tiempos operatorios o en las complicaciones perioperatorias.

Hofer y cols.²⁶⁷ realizaron un análisis de la curva de aprendizaje de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP en 175 pacientes. Observaron que las complicaciones postquirúrgicas del colgajo DIEAP mostraban un descenso significativo a partir de un punto claro de inflexión que situaron en los 30 primeros colgajos DIEAP (40% de complicaciones del colgajo DIEAP en las 30 primeras intervenciones frente a un 13,8% de complicaciones en los colgajos del número 31 al 175)²⁶⁷. De igual forma, Busic y cols.²⁸⁵ refieren una reducción de las complicaciones perioperatorias tras las primeras 65 reconstrucciones mamaria con colgajo DIEAP. Estos autores hacen referencia a una reducción de la pérdida parcial del colgajo del 31% al 0%, así como a un descenso en las tasas de necrosis grasa del 17% al 4,3%, después de la intervención número 65.

No hemos encontrado estudios en la literatura relativos a las reducciones de **tiempos quirúrgicos** en función de la curva de aprendizaje del colgajo DIEAP. Aunque las curvas de aprendizaje pueden variar de unos equipos quirúrgicos a otros y son, sin duda, operador-dependientes, podemos asumir que nuestra curva de aprendizaje será similar a la de los trabajos presentados que hacen referencia a las complicaciones del colgajo DIEAP en función del número de intervenciones realizadas. Teniendo todo esto en cuenta, parece más probable que las mejoras de los tiempos quirúrgicos y complicaciones que hemos observado en las pacientes del presente estudio puedan ser

directamente atribuidas a la introducción de la planificación preoperatoria con el programa VirSSPA, puesto que el número de colgajos DIEAP realizados en la Unidad superaba la centena cuando se introdujo el mapeo de perforantes mediante VirSSPA.

Previamente se realizó un análisis entre las **características generales** del grupo experimental y el grupo control no concurrente, que no arrojó diferencias estadísticamente significativas, por lo que ambos grupos eran comparables en cuanto a sus características basales. No hubo atenciones médicas distintas entre los grupos, ni cambios en las técnicas quirúrgicas operatorias ni en los cuidados médicos postoperatorios, por lo que podemos razonablemente concluir que las diferencias estadísticas halladas entre los dos grupos deben atribuirse más bien al cambio de la planificación diagnóstica preoperatoria.

En todos los casos, se observó un **tiempo mínimo de seguimiento** de las pacientes de tres meses. No obstante, es importante hacer notar que las pacientes del grupo control tuvieron un período de seguimiento mayor que las del grupo experimental, lo que nos podría haber llevado a incluir en el grupo control complicaciones tardías que no aparecieron en las pacientes del grupo experimental. Una revisión de la literatura nos condujo hasta el hecho de que las únicas complicaciones relacionadas con la cirugía de reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP que se pueden clasificar como complicaciones tardías (las que aparecen más allá de las seis semanas postoperatorias) son la necrosis grasa del colgajo, y la debilidad y hernia de la pared abdominal^{267,269}. En nuestra serie, ninguna de estas complicaciones alcanzó diferencias estadísticamente significativas cuando se analizaron de forma individual ambos grupos, por lo que podemos inferir que las mismas no han tenido implicaciones en el análisis final de nuestros resultados.

En todas las pacientes incluidas en este estudio, la **reconstrucción mamaria** se realizó de forma **diferida** para evitar sesgos en las comparaciones de los tiempos quirúrgicos entre ambos grupos. Habitualmente en nuestro hospital, la mastectomía previa a la reconstrucción mamaria es llevada a cabo por los cirujanos generales en el mismo acto quirúrgico, lo que podría introducir variables en el estudio al variar el equipo de cirujanos generales entre las intervenciones de cada paciente. Por ello, se constituyó como un criterio de exclusión la reconstrucción mamaria inmediata.

En cuanto a las causas por las que las pacientes de nuestro estudio precisaron reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP, las proporciones son bastante similares a las encontradas en la literatura previa³⁴.

En las 70 pacientes revisadas en el presente estudio, el **tiempo medio de reconstrucción** tras la mastectomía fue de 31,2 meses, con un rango de 10,8 meses a 200 meses. Hofer y cols.²⁶⁷ describen un tiempo medio desde la mastectomía hasta la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP de 3,6 años, con un rango de 0,2 años a 29 años, en Rotterdam, Holanda. Las diferencias de hasta casi 2 años de media entre ambas series podrían deberse a las características del sistema sanitario en nuestro país. El Hospital Virgen del Rocío es el centro de referencia para la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP de toda Andalucía. Las pacientes son referidas a nuestro servicio a través de cirujanos generales, ginecólogos y médicos de atención primaria. Consideramos que el menor intervalo de nuestra serie desde la mastectomía hasta la reconstrucción mamaria está influenciado de forma significativa por el sistema español de medicina social. Otras justificaciones podrían estar relacionadas con factores socioeconómicos, entre los que se incluyen el nivel educativo, el acceso al sistema sanitario, la raza o etnia así como la edad y la elección personal¹³⁻¹⁵. La gratuidad del procedimiento en nuestro país así como la difusión cada vez mayor de estas técnicas en

los medios, hace que sean las mismas pacientes las que demanden directamente, en muchos casos, la reconstrucción mamaria incluso en el mismo momento del diagnóstico de la tumoración.

La **media de edad en el momento de la reconstrucción** mamaria de las pacientes del grupo experimental fue de 48,89 años, y de 47,09 años en el grupo control. Estos datos son similares a las edades medias de reconstrucción postmastectomía publicadas en otras series^{34,51,97,113,130,267,286,287}. En la literatura revisada tan sólo hemos encontrado un artículo que hace referencia a edades bastante más tempranas para reconstrucción mamaria postmastectomía con colgajo DIEAP. Yan y cols.¹⁴⁹ han publicado una revisión de 43 colgajos DIEAP realizados en China a pacientes con una edad media de 38,6 años (rango de 28 a 50 años). La diferencia de casi 10 años en las edades medias de reconstrucción entre China y el resto de la literatura de países occidentales, podría estar relacionada con factores socioeconómicos, localización geográfica y valores culturales.

Los IMC medios variaron entre 27,17 kg/m² en el grupo experimental y 25,86 kg/m² del grupo control. Todos estos valores coinciden con los referidos en otras series sobre colgajos DIEAP en la literatura^{51,130,267,287}.

El número de pacientes que recibieron las distintas modalidades de **terapias neoadyuvantes** fue el mismo en ambos grupos, control y experimental; cinco de ellas (14,28%) no recibieron ningún tipo de terapia neoadyuvante, 10 pacientes (28,57%) fueron sometidas a radioterapia, dos (5,71%) a quimioterapia, 11 (31,42%) a terapia hormonal y siete (20%) a combinaciones de las anteriores. Estas cifras varían en la literatura revisada, lo que podría responder a los diferentes estadios de los tumores entre series en el momento del diagnóstico así como a los diferentes protocolos

terapéuticos. En general, las cifras de radioterapia en otras series de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP oscilan entre el 44% y el 16%^{130,149,267,286}.

En nuestra serie, el 8,57% de las pacientes del grupo control presentaron DM y el 17,14% HTA. En el grupo experimental, 5,71% de las pacientes tenían como antecedente DM y el 22,85% HTA. La comorbilidad de las pacientes de nuestro estudio fue mayor que la de las series previas revisadas de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP, lo que podría explicar, en parte, las altas cifras de complicaciones sistémicas halladas en el presente trabajo, como se discutirá más adelante. En la literatura, las cifras de DM en estas pacientes oscilan entre el 2% y el 4%^{113,267,287}. Sin embargo las cifras de HTA, aunque también menores en series previas, muestran desviaciones más pequeñas respecto a la literatura publicada, donde los porcentajes de mujeres con HTA sometidas a reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP varían entre el 15% y el 20%^{113,267}.

Es importante resaltar que ninguna de las características generales en nuestra muestra de 70 pacientes mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos del estudio, el grupo control y el grupo experimental. En consecuencia, podemos suponer que las muestras eran homogéneas a la hora de realizar las comparaciones según el método de planificación preoperatorio.

Uno de los **criterios de exclusión** del estudio fue el tabaquismo activo en el momento de la intervención quirúrgica. Se ha demostrado una incidencia de complicaciones significativamente mayor en aquellas pacientes fumadoras activas en el momento de la intervención con respecto a la reconstrucción mamaria con tejido autólogo^{34,47,288}. Blondeel⁵¹ propone que las mujeres fumadoras que estén pendientes de una reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP deben dejar de fumar al menos tres meses antes de la intervención quirúrgica. Esta premisa también constituye una manera

adicional de comprobar la motivación de la paciente, hecho muy importante para el desarrollo de la evolución postoperatoria en este tipo de cirugía.

7.2.2. INDICADORES DE CONSUMO O COSTES

En nuestro estudio, la mayoría de los colgajos DIEAP han estado pediculados en dos perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda. El **número medio de perforantes** en que se basaron los colgajos DIEAP en el grupo experimental fue de 2,26 perforantes y de 2,34 perforantes en el grupo control. El número medio de perforantes necesarias para nutrir el colgajo en reconstrucciones mamarias con colgajo DIEAP en otras series publicadas oscila en un rango de 1 a 3 perforantes^{51,149,267,269}.

Existen muchos factores a la hora de decidir el número y las características concretas de las perforantes que se van a incluir en un colgajo DIEAP. Entre estos se incluyen la localización de la perforante en cuestión (central vs. periférica, fila lateral vs. fila medial), la cantidad de músculo y fascia implicados si se decide incluir perforantes adicionales, el tamaño de las perforantes, su recorrido, y la cantidad de tejido que se va a utilizar en la reconstrucción de la nueva mama (por ejemplo, si precisamos o no la inclusión de la zona IV en el colgajo). Después de una década de experiencia con la realización de 758 colgajos DIEAP para reconstrucción mamaria, Gill y cols.³⁴ publicaron sus resultados entre los que reseñaron que, a medida que se incrementaba el número de perforantes que se añadía al colgajo, también aumentaba la incidencia de complicaciones, alcanzando esta asociación significación estadística cuando los colgajos se basaban en cinco perforantes. Además, observaron que se solían emplear más perforantes en pacientes con mayor número de factores de riesgo. Una posible explicación para este fenómeno es que, cuando se emplean una o dos perforantes en el colgajo, estas suelen tener diámetros grandes que proporcionan

fácilmente un buen flujo a todo el colgajo. En los casos en que se necesitan cuatro o cinco perforantes para nutrir el colgajo DIEAP, no existe un buen aporte sanguíneo centralizado y la supervivencia del colgajo depende de vasos con pequeño diámetro. Por lo tanto, estos hallazgos corroboran que incluso una sola perforante puede proporcionar un aporte sanguíneo muy bueno a una mama autógena, frente a tres o cuatro perforantes. A la vista de los datos obtenidos por Gill y cols.³⁴, el número de perforantes empleadas para perfundir el colgajo fue considerado en nuestro estudio como un factor de confusión. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos.

Blondeel⁵¹ concluye que lo que determina la viabilidad de la zona IV del colgajo DIEAP es la distancia desde la perforante dominante a la línea media, más que el número de perforantes del colgajo. Patel y cols.²⁸⁹ crearon un modelo matemático experimental para demostrar la contribución del tamaño de las perforantes a la perfusión global del colgajo. Así, para minimizar la resistencia al flujo sanguíneo, siempre que sea posible, es preferible usar una sola perforante de gran calibre. La incorporación de perforantes adicionales con escaso calibre puede llegar a incrementar la resistencia total del sistema y provocar una disminución del flujo sanguíneo. Basándonos en su modelo matemático, tan sólo es ventajoso utilizar perforantes adicionales más pequeñas cuando estas perforantes tienen un radio mayor o igual a 0,84 veces el radio de la perforante grande única (en el caso de dos perforantes pequeñas adicionales) o un radio mayor o igual a 0,76 veces el radio de la perforante grande única (en los casos de tres perforantes pequeñas adicionales)²⁸⁹.

En nuestra serie de 70 pacientes, la reducción media de los **tiempos de disección del colgajo DIEAP** con el programa VirSSPA frente al grupo control fue de 87,86 minutos (130 minutos VS. 217,86 minutos). Masiá y cols.^{97,280,290} refieren unos tiempos medios de disección del colgajo de unos 100 minutos tras la introducción del

mapeo de perforantes mediante AngioTAC y existen otros artículos publicados que sitúan los tiempos medios de disección del colgajo DIEAP en 170 minutos¹⁴⁹. Así pues, podemos decir que los tiempos de disección en nuestra serie se encontraban ligeramente alargados en el grupo control respecto a publicaciones previas, y que se adecuan bastante a lo publicado en el grupo experimental, habiendo conseguido una reducción de los mismos del 40% tras la introducción de la planificación preoperatoria con el programa VirSSPA. Esto fue posible gracias a la selección preoperatoria de la mayor y mejor perforante para nutrir el colgajo, permitiendo disecciones quirúrgicas más rápidas una vez conocido el recorrido intramuscular de las mismas.

Los **tiempos de isquemia** del colgajo DIEAP son bastante más constantes en la literatura publicada y suelen oscilar entre los 60 minutos y los 85 minutos aproximadamente, dependiendo del equipo quirúrgico^{51,149,283,286}. En el presente estudio, el tiempo medio de isquemia para realizar la anastomosis arteriovenosa entre vasos donantes y receptores varió entre los 70 minutos del grupo experimental, y los 97,71 minutos del grupo control. La reducción media en los tiempos de isquemia que se obtuvo con la planificación prequirúrgica llevada a cabo con el programa VirSSPA con respecto al grupo control fue, por lo tanto, de 27,71 minutos. Esto puede ser debido a varias razones, entre las que se encuentran factores que podrían estar relacionados con la planificación preoperatoria mediante VirSSPA, como la disminución del estrés quirúrgico al reducirse previamente los tiempos de disección del colgajo DIEAP, el menor cansancio del equipo quirúrgico en general y unos vasos menos traumatizados por disecciones más limpias y rápidas. Además, pueden considerarse otros factores directamente atribuibles a una mayor celeridad y familiarización con el instrumental y la instrumentación de los asistentes y el cirujano.

Rozen y cols.²⁷⁶ revisaron 88 pacientes en las que se realizó reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP; en 40 de estas pacientes la planificación preoperatoria se realizó con un AngioTAC de la pared abdominal y en el resto no se empleó AngioTAC abdominal para mapeo de perforantes. Con el fin de determinar los **niveles de estrés** experimentados por el cirujano durante la disección del colgajo, se pasaba para su cumplimentación por el cirujano que había disecado el colgajo DIEAP una escala visual analógica (con unas puntuaciones del 1 al 100 en función del nivel de estrés) tras cada intervención quirúrgica. Encontraron que la media de estrés de los cirujanos en el grupo de planificación prequirúrgica mediante AngioTAC era de 42,9 puntos, frente a los 72,3 puntos de aquellos que no habían tenido acceso al mapeo de perforantes mediante AngioTAC abdominal²⁷⁶. Así, la reducción del estrés fue casi del 50% a la hora de disecar un colgajo DIEAP entre los cirujanos con acceso a una planificación preoperatoria mediante AngioTAC. No obstante, una de las limitaciones del estudio de Rozen y cols.²⁷⁶ es la naturaleza retrospectiva del mismo; todos los tests para evaluar las diferentes intervenciones quirúrgicas se repartían al cirujano a posteriori, en lugar de aplicarse nada más haber acabado la intervención.

No hemos encontrado ningún otro estudio que haga referencia al estado de ánimo y estrés del cirujano intraoperatoriamente, pero podemos deducir que esto es, ciertamente, muy importante a la hora de determinar tanto los tiempos quirúrgicos como probablemente las complicaciones perioperatorias. Consideramos que el mapeo de perforantes proporciona una seguridad adicional en la selección de la perforante para nutrir el colgajo y puede conducir, por lo tanto, a que los cirujanos acometan la intervención quirúrgica con mayor confianza. Nosotros no hemos llevado a cabo ese tipo de evaluación del estrés quirúrgico en nuestra serie de pacientes aunque podemos generalizar que, como en el estudio de Rozen y cols.²⁷⁶, el cirujano suele experimentar

un descenso en su nivel de estrés gracias a la confianza que le genera el conocimiento exacto de la localización y recorrido de la perforante en que va a basar el colgajo. Esto podría redundar por tanto en un menor cansancio intelectual, facilitando tiempos de isquemia menores al realizarse la anastomosis de los vasos bajo menos presión tanto psicológica como física (gracias al descenso en los tiempos medios de disección del colgajo DIEAP logrado con la herramienta VirSSPA).

En el presente estudio, los **tiempos operatorios totales** son ligeramente mayores que los publicados en otras series^{51,149,267,280,283,286}. Cheng y cols.²⁹¹ refieren unos tiempos operatorios totales medios de 7,92 horas en reconstrucciones mamarias diferidas unilaterales con colgajo DIEAP. No obstante, sus tiempos quirúrgicos se encuentran inevitablemente alargados puesto que en su institución no pueden llevar a cabo la cirugía con dos equipos quirúrgicos simultáneos debido a la corta estatura de las pacientes²⁹¹. En nuestra experiencia, se puede realizar una reconstrucción mamaria unilateral con colgajo DIEAP en menos de siete horas. En los casos en que existen dificultades a la hora de disecar la perforante, o cuando el drenaje venoso se muestra insuficiente, la intervención puede alargarse bastante. Según los resultados de la presente memoria, las reconstrucciones con colgajo DIEAP unilaterales con tiempos operatorios mayores de 8 horas presentaron una tasa significativamente mayor de complicaciones del colgajo.

Nuestros tiempos operatorios se encuentran incrementados porque el Servicio de Cirugía Plástica se encuentra integrado en un Hospital Universitario y parte de la cirugía es llevada a cabo por residentes, lo que alarga de forma inevitable los tiempos quirúrgicos. De forma habitual, tras la disección del colgajo DIEAP y antes de llevar a cabo la microanastomosis, se suele realizar una pausa de unos 30 minutos durante la cual se comprueba además la adecuada perfusión del colgajo DIEAP, que se encuentra

en este punto unido a la pared abdominal tan sólo por las perforantes seleccionadas. Todo esto incrementa los tiempos operatorios puesto que no se lleva a cabo ninguna cirugía durante el tiempo de descanso.

A pesar de todo ello, los tiempos operatorios totales se han visto reducidos dos horas y ocho minutos de media en el grupo experimental respecto del grupo control (478 minutos VS. 606,29 minutos). Hoy en día, y con el uso de la herramienta de realidad virtual VirSSPA para la planificación prequirúrgica, continuamos empleando tiempos quirúrgicos en los límites superiores del rango medio de tiempo publicado en la literatura²⁸⁰. Creemos que esto podría ser debido a las disecciones del colgajo que realizamos preservando o reparando los nervios motores abdominales en todos los casos en que sea posible, así como a la investigación clínica que seguimos llevando a cabo durante las disecciones con respecto a la localización de perforantes y los flujos sanguíneos al colgajo.

El establecer como uno de los criterios de inclusión del presente estudio el que las pacientes precisaran, en el mismo acto quirúrgico, una mamoplastia de reducción y/o pexia de la mama contralateral podría considerarse como un sesgo a la hora de comparar los tiempos quirúrgicos entre pacientes. Sin embargo, consideramos que al estar realizados estos procedimientos en la mama contralateral por el mismo equipo quirúrgico en todas las intervenciones, no existen diferencias en cuanto a los tiempos quirúrgicos que se puedan considerar relevantes para nuestro análisis estadístico.

En cuanto a los **tiempos de estancia hospitalaria**, la reducción media de la estancia en las pacientes del grupo experimental fue de casi medio día con respecto a las pacientes del grupo control, aunque estos resultados no alcanzaron significación estadística. Los tiempos de estancia publicados en la literatura del colgajo DIEAP varían ampliamente entre los 5 días y los 13 días^{51,149,276,283,291}. Creemos que los tiempos

de estancia hospitalaria, además de estar en función de las complicaciones perioperatorias y la evolución de las pacientes, también pueden verse influenciados por los costes del sistema sanitario y pueden variar dependiendo del país donde se haya llevado a cabo el estudio.

Hoy en día, los sistemas sanitarios se enfrentan a nuevos desafíos como el incremento de los costes y la necesidad de aumentar la eficiencia¹²⁶. Los cirujanos, ya sea en la práctica pública o privada, toman decisiones no solo con respecto al cuidado de sus pacientes sino también sobre las políticas sanitarias hospitalarias. A través de sus aportaciones a los comités hospitalarios, a los distritos sanitarios regionales y a las organizaciones nacionales, los cirujanos ejercen su influencia sobre la adopción de nuevas técnicas y enfoques para solucionar problemas quirúrgicos. En las últimas dos décadas, los costes de los sistemas sanitarios se están viendo sometidos al escrutinio público en numerosos lugares. Cuando en la literatura quirúrgica se habla de que una técnica novedosa es superior a la técnica que se ha venido usando tradicionalmente, los cirujanos deberían considerar la validez de la evidencia que justifica esa reivindicación. El cirujano debería evaluar no solo los riesgos y beneficios de la nueva técnica quirúrgica sino considerar también si los beneficios de esta técnica suponen un gasto importante del erario público destinado a los cuidados sanitarios.

En nuestro hospital, el TAC está integrado dentro del mismo Hospital de Rehabilitación y Traumatología (Hospital Universitario Virgen del Rocío) al que pertenece el Servicio de Cirugía Plástica. El **coste de un AngioTAC** para nuestras pacientes es de aproximadamente 300 €. La cantidad de tiempo que se ahorra en el quirófano debe equilibrarse con el coste extra que supone realizar este tipo de planificación quirúrgica. El coste de cada hora de quirófano en nuestro hospital se ha calculado en torno a unos 450 € por hora de cirugía. Estos costes por hora de quirófano

se calculan solamente como costes del personal de quirófano y del material empleado en la intervención. Los costes de infraestructura no se incluyen aquí porque son constantes para todos los casos y la reducción de los tiempos operatorios no contribuye a ningún ahorro adicional en este sentido.

Hemos comprobado en nuestro estudio que la reconstrucción 3D preoperatoria con el programa VirSSPA disminuye los tiempos quirúrgicos y las complicaciones perioperatorias. Así pues, el coste total de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP se puede disminuir reduciendo los tiempos quirúrgicos, lo que supone beneficios significativos en la reducción del consumo de recursos. Si el coste de un AngioTAC es de aproximadamente unos 300 €, las reducciones de los tiempos quirúrgicos conseguidas en nuestro estudio con la planificación mediante VirSSPA suponen un ahorro medio de casi 700 € por paciente.

La evaluación de las imágenes y la cooperación entre el radiólogo y el cirujano plástico es básica para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP, no solo para evaluar, seleccionar y marcar los vasos sino también para que el cirujano pueda realizar las reconstrucciones 3D de una manera más rápida y útil. Es importante hacer notar aquí que la interpretación de las imágenes del AngioTAC es operador dependiente, es decir, que a medida que aumenta la experiencia del radiólogo se logra un mapeo de las perforantes mucho más preciso. Con el programa VirSSPA la interpretación de las imágenes y la reconstrucción 3D puede ser realizada directamente por el mismo cirujano de una forma fácil e intuitiva. Una vez realizada ésta, todos los datos pueden ser almacenados en un CD de fácil manejo y listo para usarse en cualquier ordenador portátil permitiendo, así, que pueda ser revisado tantas veces como sea necesario. Por lo tanto, la visualización e interpretación de las imágenes por parte del radiólogo se convierte en innecesaria, lo que también reduce en un menor consumo de los recursos

al no precisar la interpretación y visualización de los datos un radiólogo ni los monitores de los aparatos de radiología.

La reducción media en los **tiempos de analgesia postoperatoria** intravenosa que se obtuvo con la planificación prequirúrgica llevada a cabo con el programa VirSSPA con respecto al grupo control fue de 1,52 días (3,34 días VS. 4,86 días). Esto supone una reducción importante no sólo en términos de reducción de costes sino en comodidad y disminución de riesgos para las pacientes. Al no precisar analgesia parenteral durante tanto tiempo, las pacientes ven reducido el riesgo de sufrir tromboflebitis u otras complicaciones asociadas a la inserción del catéter intravenoso para la administración de analgesia. Asimismo, adquieren mayor confort y comodidad al no tener una vía i.v. que limite sus movimientos. Esta reducción de aproximadamente un día y medio en la necesidad de analgesia parenteral se llevó a cabo gracias al buen control, logrado con analgésicos orales, de un menor dolor postoperatorio. Creemos que esto puede deberse a menores y más cuidadosas disecciones musculares de las perforantes abdominales. Con respecto a la topografía de las perforantes, la reconstrucción 3D de la pared abdominal con el programa VirSSPA nos ha permitido conocer de una forma precisa el patrón vascular así como el recorrido exacto de las perforantes a través del abdomen de forma previa a la cirugía. Esto nos lleva a la búsqueda de la perforante ideal con un flujo suficiente para asegurar la supervivencia del colgajo y que suponga una disección intramuscular fácil. Por lo tanto, la elección de la perforante de forma preoperatoria facilita menores disecciones musculares y un menor tiempo operatorio global, lo que redundará en una disminución del dolor postoperatorio.

En el grupo experimental, las pacientes tuvieron una **transfusión** media perioperatoria de 0,40 concentrados de hematíes, mientras que en el grupo control la

media de los concentrados de hematíes transfundidos fue de 1,09. Las transfusiones sanguíneas pueden provocar una considerable lista de efectos adversos, entre los que se incluyen la transmisión de enfermedades infecciosas, la sobrecarga de volúmenes y las alteraciones electrolíticas así como algunas reacciones inmunoalérgicas que pueden llegar a ser letales^{292,293}. En los últimos tiempos se presta especial interés a los efectos inmunomoduladores de las transfusiones, asociados a la controversia de una mayor incidencia de infecciones postoperatorias y de recurrencia tumoral posterior a la resección curativa en ciertos casos de transfusiones sanguíneas²⁹⁴⁻²⁹⁶. Es cierto que, hoy en día, un porcentaje considerable de transfusiones puede atribuirse a la reposición por sangrado durante un evento quirúrgico, pero basándose en los conceptos anteriores que evalúan la transfusión como costosa, peligrosa y, en ocasiones, impredecible, los anestesistas han llevado a cabo varias estrategias para cumplir siempre que sea posible un plan terapéutico libre de hemoderivados^{293,296}. Así pues, teniendo en cuenta que las transfusiones sanguíneas que no son estrictamente necesarias suponen un coste adicional además de que pueden llegar a resultar incluso peligrosas para el paciente, en nuestra serie de pacientes hemos logrado reducciones en la transfusión perioperatoria de casi un concentrado de hematíes, gracias a la aplicación del programa VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP. La explicación para esta menor cantidad de hemoderivados transfundidos podemos hallarla en unos menores tiempos operatorios, con menores complicaciones perioperatorias asociadas así como en unas disecciones musculares menos amplias y traumáticas.

En nuestra serie de 70 pacientes se produjeron 6 **reintervenciones** postoperatorias, todas ellas en las pacientes del grupo control. Tres de ellas se debieron a complicaciones relacionadas con la sutura microvascular arteriovenosa del colgajo. En dos pacientes se observaron, durante el postoperatorio, signos de trombosis arterial del

pedículo vascular, una de las cuales resultó en una pérdida total del colgajo mientras que en la otra paciente el colgajo DIEAP pudo ser revascularizado. La otra pérdida total del colgajo se debió a una insuficiencia vascular combinada, con trombosis arterial y congestión venosa del colgajo DIEAP. Las otras tres reintervenciones se debieron a dos dehiscencias mayores de la herida abdominal que precisaron intervención quirúrgica para su desbridamiento, avance medial y cierre directo, y a una debilidad sintomática de la pared abdominal que precisó reparación con malla. La otra debilidad sintomática de la pared abdominal hallada en nuestra serie no se intervino por deseo expreso de la paciente.

Consideramos que la reducción significativa en el número de reintervenciones lograda con la planificación prequirúrgica mediante VirSSPA es uno de los hallazgos más importantes del presente trabajo. El menor número de intervenciones al que fueron sometidas las pacientes del grupo experimental supone no solo menores agresiones y riesgos quirúrgicos para la paciente, sino también considerables reducciones en los costes hospitalarios. Creemos que esto es debido a la precisión de la herramienta VirSSPA para delinear de forma exacta el recorrido intramuscular de la perforante abdominal resultando, por tanto, en menores alteraciones de la pared abdominal, un marcaje más claro de los límites y dimensiones del colgajo abdominal incrementado sus tasas de supervivencia y en unos tiempos operatorios menores, que suponen una reducción del cansancio y estrés del equipo quirúrgico así como una reducción de los riesgos quirúrgicos en función de una menor permanencia en quirófano.

7.2.3. FACTORES DE RIESGO Y COMPLICACIONES QUIRÚRGICAS

Uno de los hallazgos con mayores implicaciones en este estudio es la reducción de la **tasa global de complicaciones perioperatorias**. La tasa global de cualquier tipo de

complicación tras la cirugía fue de 35,71% en nuestra serie de 70 pacientes. En la literatura sobre cirugía con colgajo DIEAP la tasa global de complicaciones perioperatorias varía ampliamente, entre el 6% en las mejores series hasta el 40%^{34,51,149,267,269,291}.

Sin embargo, en nuestra serie se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las complicaciones globales tras cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP entre el grupo experimental y el grupo control. La tasa global de complicaciones perioperatorias tras cirugía de reconstrucción mamaria diferida con colgajo DIEAP descendió casi un 60% en el grupo experimental con respecto al grupo control. Este descenso supuso una incidencia total de complicaciones perioperatorias del 5,71% en el grupo experimental, cifra que se aproxima bastante a las mejores series publicadas en cuanto a complicaciones tras cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP²⁹¹.

El uso aislado del AngioTAC para la planificación preoperatoria en el colgajo DIEAP frente al uso del Doppler unidireccional también ha demostrado una reducción en las complicaciones perioperatorias en algunos estudios^{276,283}. Así, Rozen y cols.²⁷⁶ refieren reducciones mayores del 10% tanto en la incidencia de necrosis parcial del colgajo como en las hernias abdominales y morbilidad global de la zona donante abdominal en aquellas pacientes con planificación preoperatoria mediante AngioTAC frente al uso de Doppler unidireccional. Sin embargo, y tras llevar a cabo estudios similares, Smit y cols.²⁸⁶ no hallaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las complicaciones perioperatorias entre ambos grupos.

En nuestra serie de 70 pacientes la Odds Ratio determinó que, los tiempos operatorios superiores a 500 minutos, los tiempos de isquemia del colgajo por encima de los 60 minutos y los tiempos de disección superiores a los 150 minutos, se

encuentran asociados de manera importante con las complicaciones globales tras una cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. No hemos encontrado en la literatura publicada datos que asocien directamente las complicaciones perioperatorias de esta cirugía con determinados tiempos quirúrgicos. Creemos que esta fuerte asociación hallada podría tener diversas explicaciones, ya que las características de las perforantes identificadas gracias al mapeo preoperatorio con VirSSPA se traducen directamente en una mejora de los resultados. Las perforantes que se seleccionan en función de su tamaño y su recorrido subcutáneo pueden proporcionar un mejor aporte vascular al colgajo y reducir las complicaciones asociadas al colgajo DIEAP. Las perforantes con una localización exacta conocida y un trayecto intramuscular reducido tienen como consecuencia unos tiempos más rápidos de disección del colgajo. Además, la disección de estas perforantes supone un menor sacrificio muscular y la selección de menos y mejores perforantes que provocan daños musculares y nerviosos limitados, lo que redundaría en morbilidades reducidas de la zona donante abdominal. Así, los menores tiempos de disección del colgajo minimizan el daño a la zona donante abdominal y mejoran la vascularización del colgajo. Los tiempos operatorios menores disminuyen el riesgo quirúrgico de las pacientes al permanecer menos tiempo en quirófano, reduciendo por lo tanto la probabilidad de sufrir complicaciones sistémicas.

La **obesidad**, definida como un IMC mayor de 30, ha sido contemplada en nuestro estudio como un posible factor de confusión. En la literatura se ha venido considerando clásicamente la obesidad como una contraindicación relativa a la reconstrucción mamaria con colgajo TRAM debido a mayores tasas postoperatorias publicadas de necrosis grasa, pérdidas del colgajo e infección²⁹⁷⁻²⁹⁹. Las pacientes obesas suelen tener más posibilidades de presentar comorbilidades tales como diabetes, hipertensión y enfermedades coronarias, que pueden complicar la cirugía y la

recuperación posterior. La obesidad también incrementa el riesgo de sufrir complicaciones postoperatorias entre las que se incluyen infecciones de la herida quirúrgica, bronconeumonía y tromboembolismo. Aún así, las pacientes obesas tienen un riesgo mayor de desarrollar cáncer de mama y representan, por tanto, una población considerable que no debe ser ignorada.

Según un estudio de Vyas y cols.³⁰⁰, la obesidad es un factor de riesgo para las complicaciones de la zona donante y para la formación de hernias o debilidades de la pared abdominal. Existen estudios similares llevados a cabo por Chang y cols.²⁷⁰ y Nahabedian y cols.⁴² que demuestran un incremento en las complicaciones de la zona donante y una disminución de las funciones motoras a largo plazo en pacientes obesas. En la serie de Vyas y cols.³⁰⁰ el estudio se realizó sobre una mezcla de pacientes con colgajos libres DIEAP, TRAM, MS-1 y MS-2. Aún así, incluso después de excluir del análisis los colgajos TRAM libres y estudiar tan sólo los colgajos DIEAP y MS, la obesidad continuó constituyendo un factor de riesgo significativo para sufrir complicaciones de la zona donante abdominal. Sin embargo, existen otros estudios que han demostrado una mínima o inexistente diferencia entre pacientes obesas y no obesas^{108,301}. Garvey y cols.¹⁰⁸, por ejemplo, concluyen que la obesidad no es un factor de riesgo para las hernias o debilidades de la pared abdominal en pacientes con reconstrucción mamaria mediante colgajo DIEAP. En nuestra serie de 70 pacientes no hubo ninguna hernia abdominal. De las tres pacientes que desarrollaron debilidad de la pared abdominal, sólo una era obesa. A pesar de que nuestra muestra es demasiado pequeña para extraer conclusiones significativas, nuestros modestos hallazgos se encuentran en consonancia con los de Garvey y cols.¹⁰⁸.

Teniendo en cuenta los datos aportados en la literatura, consideramos importante remarcar que en nuestro estudio no hubo diferencias significativas en cuanto a los IMC

entre los dos grupos, control y experimental. Por ello, aún en el caso de considerar la obesidad como un factor de riesgo para las complicaciones de la zona donante abdominal, eliminamos ese factor de confusión igualando ambos grupos.

Ninguna de las pacientes del grupo experimental presentó **complicaciones del colgajo DIEAP** durante el período de seguimiento postoperatorio. En el grupo control, 14 de las 35 pacientes desarrollaron algún tipo de complicación durante el seguimiento tras la intervención quirúrgica. Así pues, la reducción en las complicaciones del colgajo DIEAP entre el grupo control y experimental fue del 40%. Cuatro pacientes del grupo control presentaron necrosis parciales del colgajo DIEAP. Estas necrosis parciales ocurrieron siempre en la zona lateral externa de la mama puesto que el colgajo DIEAP era acomodado a su nueva posición en el tórax colocando las zonas mejor vascularizadas en la región medial de la nueva mama. La tasa de necrosis total del colgajo en nuestra serie es de 2,85%, cifra bastante en consonancia con la literatura publicada sobre reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP^{51,149,269}. En ninguna de las pacientes del grupo experimental se produjo una pérdida total del colgajo.

Analizadas individualmente, ninguna de las complicaciones del colgajo DIEAP mostró diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. Aún así, se observó una tendencia que indicaba que la planificación prequirúrgica con el aplicativo VirSSPA presenta un efecto positivo tanto en la necrosis grasa como en la necrosis parcial y total del colgajo. Creemos que esto podría ser debido a varios factores. En primer lugar, la planificación preoperatoria con técnicas de imagen permitiría la selección de la perforante más adecuada y con mayores garantías para nutrir el colgajo. Así, podemos lograr una mejor definición de los límites del colgajo en función de la perforante elegida y aumentar las tasas de supervivencia del mismo. En segundo lugar, los menores tiempos quirúrgicos logrados con la planificación preoperatoria mediante

VirSSPA redundan en mejoras circulatorias y sistémicas y en una menor tasa de complicaciones globales para la paciente; y por último, consideramos que los vasos nutricios del colgajo podrían encontrarse menos traumatizados por disecciones más rápidas del colgajo.

La **necrosis grasa del colgajo DIEAP** es una complicación importante a tener en cuenta en la reconstrucción mamaria, y se debe informar de forma preoperatoria a las pacientes de la posibilidad de que aparezca para evitar que genere ansiedad cuando se presente. En general, las tasas de necrosis grasa del colgajo DIEAP publicadas (alrededor de un 18%) son mucho menores que las del colgajo TRAM pediculado (59%)^{267,302}. Es importante tener en cuenta que la detección de la necrosis grasa y, por tanto sus tasas tras cirugía del colgajo DIEAP, puede estar sesgada y es dependiente del investigador. En los exámenes físicos, tras la reconstrucción mamaria en nuestra serie de pacientes intervenidas, encontramos nódulos de tejido graso sólido (> de 1 cm) aproximadamente en el 4,28% de todos los colgajos después de tres meses de seguimiento. Estas áreas sólidas desaparecieron en todos los colgajos, excepto en el 1,42%, tras 12 meses de seguimiento.

Según se ha detallado en la sección de Material y Métodos siempre se localizaba al comenzar la cirugía la vena epigástrica superficial en los límites del colgajo DIEAP. Solamente en un caso de nuestra serie tuvimos que utilizar la vena epigástrica superficial para aumentar el drenaje venoso en un colgajo. En esa ocasión, consideramos que el programa VirSSPA ayudó a la toma de decisiones puesto que mostró de forma preoperatoria venas epigástricas superficiales mayores, sugiriendo que la fuente de drenaje venoso del abdomen podía ser inadecuada si se basaba tan sólo en las venas concomitantes del sistema epigástrico profundo.

Hemos encontrado una relación directa estadísticamente significativa entre los tiempos de disección del colgajo DIEAP superiores a 150 minutos y la existencia de complicaciones en el colgajo DIEAP. Creemos que esto es debido a que los tiempos de disección mayores implican la selección y disección de las perforantes no consideradas como las más óptimas para nutrir el colgajo, con disecciones que suponen mayores sacrificios musculares y menor garantía de adecuado soporte vascular.

La selección de perforantes se realiza de forma mucho más precisa mediante el empleo del programa VirSSPA para la planificación prequirúrgica, de forma que, utilizando las características individuales de las perforantes identificadas, los resultados perioperatorios se pueden mejorar mediante el mapeo de perforantes. Por lo tanto, en nuestra serie de 70 pacientes, el uso de la herramienta VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP resultó ser un factor protector frente a la probabilidad de sufrir complicaciones del colgajo DIEAP, tras llevar a cabo cirugía de reconstrucción mamaria con tejido autólogo. Consideramos que esto podría explicarse porque la selección de perforantes con la herramienta VirSSPA permite una mejor y más certera selección de la perforante dominante, así como resultados más predecibles. Es plausible la mejora de la planificación preoperatoria en relación a las posibles complicaciones del colgajo mediante el mapeo preoperatorio de perforantes abdominales. Así, por ejemplo, una reconstrucción 3D que muestre un sistema vascular superficial dominante podría implicar la necesidad de anastomosis venosas adicionales. Alternativamente, este hallazgo también permitiría al cirujano hacer planes para disecar mayor número de perforantes en el colgajo.

Los tiempos alargados de disección del colgajo DIEAP se relacionan directamente con tiempos quirúrgicos mayores, por lo que creemos plenamente justificada la relación directa hallada en nuestra serie entre tiempos operatorios

superiores a 500 minutos y la propensión de estas pacientes a desarrollar complicaciones del colgajo DIEAP frente a aquellas con tiempos operatorios totales menores.

La razón principal por la que se realizan los colgajos DIEAP para reconstrucción mamaria es la reducción en la **morbilidad de la zona donante abdominal**. Estas diferencias en la morbilidad ya han sido estudiadas previamente con resultados diversos^{110,116,267}. Los tiempos de estancia hospitalaria y la recuperación postoperatoria también se encuentran determinados, en gran medida, por la curación de la zona donante abdominal. En nuestra serie de 70 pacientes, las dos únicas complicaciones que aparecieron en el grupo experimental se registraron en la zona donante abdominal, dos seromas en este caso. Los análisis del resto de complicaciones en la serie arrojaron cifras de una debilidad sintomática de la pared abdominal en el 5,71% de los casos, lo que se encuentra en consonancia con la literatura publicada sobre morbilidad del colgajo DIEAP y resulta menor que las cifras publicadas con respecto a la morbilidad del colgajo TRAM^{110,267,302}. En cuanto a las complicaciones a corto plazo en la curación de la herida abdominal, en nuestra serie fueron menores que las publicadas en procedimientos de abdominoplastia^{303,304}. Una explicación para esta observación podría ser el hecho de que en la cirugía realizamos despegamientos limitados del colgajo abdominal superior, manteniendo intacta una zona subcostal de perforantes para nutrir el colgajo a ambos lados del abdomen³⁰³. Consideramos que también podría contribuir a esta menor tasa de complicaciones el reposo en flexión de 45 grados que realizan las pacientes durante el postoperatorio.

Ninguna de las complicaciones de la zona donante abdominal analizadas individualmente mostró diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el control. Aún así, se observó una tendencia que indicaba que la

planificación prequirúrgica con el aplicativo VirSSPA tenía un efecto positivo sobre la debilidad sintomática de la pared abdominal postoperatoria (0% versus 5,71%). Encontramos correlaciones directas estadísticamente significativas entre las complicaciones abdominales, los tiempos operatorios totales superiores a 500 minutos y los tiempos de isquemia mayores a 60 minutos, con unas OR que reflejaban riesgos de sufrir complicaciones en la zona donante abdominal aumentados hasta 5 y 9 veces, respectivamente, cuando se sobrepasaban dichos tiempos. Interpretamos que los tiempos operatorios acortados redundan en menores complicaciones abdominales puesto que reducen todas las complicaciones perioperatorias al disminuir el riesgo quirúrgico. No encontramos, sin embargo, una explicación al menor riesgo de sufrir complicaciones abdominales cuando descienden los tiempos de isquemia del colgajo. Esta observación podría deberse a que, al encontrarse la planificación con VirSSPA en relación directa con los descensos en los tiempos de isquemia del colgajo, ésta también ejerce su influencia a través de los tiempos de isquemia para disminuir las complicaciones de la zona donante gracias a la mejor y más precisa localización y trayecto de las perforantes abdominales. Otra posible explicación a este fenómeno radica en el hecho de que los descensos en los tiempos de isquemia puedan ser también debidos a una mayor destreza en el manejo del instrumental tanto de los asistentes como del cirujano, como ya hemos comentado anteriormente; de esta forma, la mayor destreza en el manejo instrumental implicaría mayor experiencia en la disección del colgajo y podría explicar, al menos parcialmente, el menor número de complicaciones abdominales.

Se observó asimismo una tendencia indicativa de que los tiempos de disección del colgajo DIEAP superiores a 150 minutos tenían un efecto negativo sobre las complicaciones postoperatorias en la zona donante frente a aquellas pacientes en que la

disección se realizó en tiempos menores, aunque ésta no alcanzara significación estadística (30% versus 16,66%). Consideramos muy significativo el hecho de que la herramienta VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP resultó ser un factor protector (con una $OR < 1$) frente a la probabilidad de sufrir complicaciones en la zona donante abdominal tras llevar a cabo cirugía de reconstrucción mamaria con tejido autólogo. Esto puede deberse a un mejor diseño del colgajo gracias a la planificación preoperatoria, permitiendo cierres abdominales con menor tensión y menores tiempos operatorios, así como menores disecciones musculares para aislar la perforante abdominal.

Las pacientes que habían recibido **quimioterapia neoadyuvante** fueron, de una manera significativa, más propensas a desarrollar seromas en la herida abdominal, con una OR de 15,50. Estos hallazgos coinciden con los de otras series publicadas que asocian la quimioterapia neoadyuvante a complicaciones y retrasos de la cicatrización en la zona donante abdominal^{34,113}. Así, Mehrara y cols.¹¹³ refieren una asociación entre quimioterapia y complicaciones de la zona donante abdominal con una OR de 2,9. De igual manera, Gill y cols.³⁴ han publicado una mayor incidencia de complicaciones en la zona donante abdominal asociadas a pacientes con quimioterapia neoadyuvante y también a pacientes fumadoras. Sin embargo, en nuestra serie, ninguna de las otras complicaciones de la zona donante abdominal analizada de manera individual mostró asociaciones de riesgo significativas con los considerados como posibles factores de riesgo.

Las complicaciones más importantes para la vida de las pacientes fueron las **complicaciones sistémicas**, particularmente el tromboembolismo que apareció en tres de las 35 pacientes del grupo control (8,57%); todas ellas sobrevivieron. Estas cifras son mayores que aquellas encontradas en la literatura previamente publicada sobre

abdominoplastia combinada con otros procedimientos³⁰⁵, pero consideramos que son difíciles de interpretar dado el pequeño tamaño relativo de nuestra serie. No obstante, existe una serie de 44 pacientes con cirugía mediante colgajo DIEAP en la que se refieren cifras de embolismo pulmonar de hasta el 11% tras la intervención de reconstrucción mamaria²⁶⁷. En todas las pacientes se realizó un manejo adecuado según las guías de profilaxis trombótica perioperatoria, con administración de Enoxaparina subcutánea durante 1 semana, seguida de AAS vía oral durante 3 semanas, y con el empleo de calcetines de compresión neumática intraoperatorios. El tromboembolismo pulmonar puede presentarse de forma enmascarada después de una reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP porque las pacientes han recibido normalmente gran cantidad de líquidos postoperatorios para mantener presiones sanguíneas que faciliten una buena circulación en el colgajo.

Una de las explicaciones posibles al mayor número de complicaciones sistémicas en nuestras pacientes es que, en general, la comorbilidad de las pacientes de nuestro estudio fue mayor que las de las series previas revisadas de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP^{113,267,287}, lo que podría explicar, en parte, las altas cifras de complicaciones sistémicas halladas en el presente trabajo. La asociación entre hipertensión, diabetes y un mayor índice de complicaciones postoperatorias podría estar relacionada con la arterioesclerosis de los vasos subyacentes o con estados de salud precarios y comorbilidades presentes en los pacientes hipertensos y diabéticos. A pesar de que en nuestra serie no se encontraron medidas de asociación del riesgo estadísticamente significativas entre los planteados como posibles factores de riesgo y la posibilidad de sufrir complicaciones sistémicas durante el postoperatorio en pacientes intervenidas de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP, creemos que esto es

debido al tamaño de nuestra serie y el número relativamente reducido de complicaciones sistémicas que aparecieron.

Una vez analizadas las relaciones y asociaciones entre distintos factores de riesgo y las complicaciones quirúrgicas, se realizó un análisis bivariante mediante regresión logística con el fin de identificar factores asociados de manera independiente a la presencia de cualquier complicación perioperatoria tras la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. La única variable que mantuvo su significación estadística de manera independiente fue el **uso de la herramienta VirSSPA para la planificación prequirúrgica**. La principal medida de este efecto de asociación fue la OR, resultando que la probabilidad de sufrir cualquier tipo de complicación tras la cirugía sin el uso del programa VirSSPA es 31,62 veces mayor que la que se obtiene cuando la planificación prequirúrgica se realiza con el programa VirSSPA de reconstrucción 3D. Tan sólo la planificación prequirúrgica con VirSSPA se identificó como un factor independiente, dando mayor credibilidad al hecho de que la asociación entre VirSSPA y las complicaciones perioperatorias existe realmente, y descartando por tanto que sea meramente circunstancial o debida a la confusión que puedan producir terceras variables. No obstante, consideramos que estas cifras deben ser interpretadas con cautela puesto que creemos que las tendencias que aparecen en este estudio reflejan lo que podría, en un futuro y quizás con un grupo más amplio de estudio, ser previsto con mayor alcance.

7.3. CONSIDERACIONES FINALES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

A pesar de que en el presente estudio hemos aplicado el software VirSSPA a la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP, estimamos que podría utilizarse este

mismo sistema de planificación preoperatoria para otros muchos procedimientos reconstructivos²⁵⁸. Se ha considerado que la realidad virtual es un gran recurso para los profesionales de la medicina, puesto que la inspección interactiva de determinados órganos permite introducir mejoras sustanciales en el ámbito de la formación, diagnóstico no invasivo y planificación de intervenciones quirúrgicas. Algunas otras posibles aplicaciones futuras del programa VirSSPA de realidad virtual incluyen su uso para el diagnóstico y tratamiento de malformaciones craneofaciales y vasculares, procesos reconstructivos en cabeza y cuello e incluso en procedimientos tales como el trasplante de miembros y cara.

Para llevar a cabo la diagnosis en estos campos, se estudia la reconstrucción virtual 3D de estructuras internas y externas de los pacientes. Esta técnica permite la visualización y manipulación de los datos reales del paciente de una manera mucho más natural y eficiente. De igual manera, esta aplicación será de gran interés ya que servirá, no sólo como plataforma de entrenamiento para los futuros cirujanos, sino también para que los cirujanos expertos puedan “operar virtualmente” a sus pacientes antes de hacerlo realmente y por tanto prever posibles complicaciones o buscar la mejor solución a problemas quirúrgicos.

Claramente, los modelos anatómicos informáticos y las aplicaciones de realidad virtual no constituyen un sustituto a la experiencia quirúrgica y a la observación intraoperatoria. Aún así, consideramos que la realidad virtual debe ser una opción a tener en cuenta puesto que la experiencia y la posibilidad de observar dentro de un quirófano son características que, lamentablemente, pueden verse limitadas o no estar siempre disponibles. Por lo tanto, la exposición temprana a modelos anatómicos puede ayudar a acelerar la curva de aprendizaje en el dominio de los colgajos libres. Creemos que, como modelo de realidad virtual para planificación quirúrgica, esta estrategia

establece una plataforma de partida desde la cual se pueden emprender otras muchas aplicaciones en un futuro.

En resumen, la principal ventaja del programa VirSSPA, cuando se emplea junto con una técnica de imagen como el AngioTAC, es que proporciona datos adicionales y potencialmente más precisos en cuanto a la localización de las mejores perforantes y su recorrido a través del músculo. Existen también datos que indican que tiene una influencia positiva sobre las complicaciones perioperatorias en la cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP, y que incrementa las tasas de supervivencia del colgajo. Probablemente, en un futuro y a partir de estos principios, muchas otras aplicaciones de realidad virtual se desarrollarán para usos potenciales en cirugía reconstructiva. Esperamos que nuestro proyecto contribuya de alguna manera a los múltiples pasos que deben tomarse en todo el mundo para tal fin.

8. CONCLUSIONES

1. VirSSPA es una herramienta de realidad virtual validada para el mapeo y localización de perforantes abdominales en cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP (conclusión referida al Objetivo general número 1).

2. La tasa media de error del programa VirSSPA en la localización de perforantes abdominales es de 0,23 cm. Este margen medio de error disminuye a 0,17 cm cuando las perforantes se encuentran situadas a distancias menores o iguales a 4 cm del ombligo. En distancias mayores a la indicada, el error medio de localización de las perforantes es de 0,31 cm (conclusión referida al Objetivo general número 2).

3. El uso de la herramienta VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP resultó ser un factor protector frente a la probabilidad de sufrir cualquier complicación, sistémica, de la zona donante abdominal o del colgajo DIEAP, tras la cirugía (conclusión referida al Objetivo general número 3).

4. Tras la planificación prequirúrgica con VirSSPA con respecto al grupo control se obtienen reducciones en las tasas de reintervención, en los tiempos de isquemia del colgajo, en los tiempos de analgesia intravenosa postquirúrgica y en el número de concentrados de hematíes transfundidos perioperatoriamente (conclusión referida al Objetivo general número 3).

5. La probabilidad de sufrir cualquier tipo de complicación tras la cirugía sin el uso de VirSSPA es 31,62 veces mayor que la obtenida cuando la planificación prequirúrgica se realiza con el programa VirSSPA para el mapeo de perforantes (conclusión referida al Objetivo general número 3).

6. Las complicaciones perioperatorias globales se redujeron un 60 % en el grupo de pacientes en que la planificación quirúrgica de la reconstrucción mamaria se realizó con VirSSPA (conclusión referida al Objetivo general número 5).

7. Los tiempos operatorios mayores de 500 minutos, los tiempos de disección del colgajo superiores a 150 minutos y los tiempos de isquemia del colgajo que exceden de 60 minutos están asociados con una mayor tendencia a presentar cualquier complicación tras cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP (conclusión referida al Objetivo general número 6).

8. La reducción media del tiempo operatorio total en reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP es de 128,29 minutos tras la planificación prequirúrgica con VirSSPA, con respecto al grupo control (conclusión referida al Objetivo específico número 7).

9. Con el programa VirSSPA para la planificación preoperatoria se consigue una reducción media en los tiempos de disección del colgajo DIEAP de 87,86 minutos (conclusión referida al Objetivo específico número 8).

10. Las tasas de complicaciones del colgajo DIEAP y de la zona donante abdominal descendieron un 40% y un 37,14%, respectivamente, tras introducir el programa VirSSPA para el mapeo de perforantes (conclusión referida al Objetivo específico número 9).

9. CONCLUSIONS

1. VirSSPA is a virtual reality tool validated for the mapping and location of abdominal perforators in breast reconstruction with DIEAP flap surgery (conclusion referred to general Objective number 1).

2. The average error rate of the VirSSPA program for abdominal perforator location is 0.23 cm. The error margin decreases from 0.23 cm to 0.17 cm when perforators are located within distances smaller than or equal to 4 cm to the umbilicus. For distances greater than 4 cm from the emergence of the perforator to the umbilicus, the average error may be up to 0.31 cm (conclusion referred to general Objective number 2).

3. The use of VirSSPA 3D reconstruction was found to be a protective factor against the development of any kind of complications after DIEAP flap surgery (conclusion referred to general Objective number 3).

4. Reductions in DIEAP flap ischaemia times, as well as reductions in the length of intravenous analgesia and number of red cell concentrates transfused can be achieved with VirSSPA program for preoperative mapping. Moreover, the number of patients taken back to the operation theatre after DIEAP flap breast surgery was reduced in the VirSSPA group (conclusion referred to general Objective number 3).

5. The probability of presenting any kind of complication after DIEAP flap breast reconstruction without using the VirSSPA program for perforator mapping, as compared to its use in the preoperative planning, is 31.62 times higher (conclusion referred to general Objective number 3).

6. Perioperative global complications were reduced by 60% in the group of patients undergoing DIEAP flap breast reconstruction with VirSSPA preoperative planning (conclusion referred to general Objective number 5).

7. Patients showing ischaemia times longer than 60 minutes, flap harvesting times over 150 minutes and with total operative times longer than 500 minutes were significantly more prone to any kind of complications after DIEAP flap surgery than those bearing minor times (conclusion referred to general Objective number 6).

8. Total operative times were reduced by a mean of 128.29 minutes when DIEAP flaps were performed after CTA-guided VirSSPA perforator mapping (conclusion referred to specific Objective number 7).

9. A mean reduction of 87.86 minutes in DIEAP flap harvesting times was observed in the patient group undergoing CTA-VirSSPA perforator mapping (conclusion referred to specific Objective number 8).

10. Flap-related complication and overall donor site morbidity rates were decreased by a mean of 40% and 37.14%, respectively, after VirSSPA preoperative planning was introduced (conclusion referred to specific Objective number 9).

10. RESUMEN

En la actualidad, la primera opción en reconstrucción mamaria con tejido autólogo es el colgajo de perforantes abdominales, debido al gran parecido que presenta este tejido con respecto a la mama. La anatomía vascular de la pared abdominal tiene una gran variabilidad, especialmente en el caso de las ramas perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda (DIEA). Por esta razón, un mapa vascular establecido antes de la intervención quirúrgica puede facilitar en gran manera la planificación prequirúrgica de cada paciente^{66,83}.

Se han descrito en la literatura diversos métodos adecuados y beneficiosos para el mapeo de perforantes, entre los que se encuentran los ultrasonidos, la Angio Tomografía Axial Computerizada (AngioTAC) y la Angio Resonancia Magnética (AngioRM)^{66,71,77,78,86,92,99,284}.

El software VirSSPA tridimensional (3D) para la navegación y realidad virtual en cirugía del colgajo DIEAP ha sido desarrollado en nuestro hospital por un equipo multidisciplinar compuesto por especialistas en simulación y aplicaciones de realidad virtual y por médicos. El objetivo principal de la nueva técnica introducida es conseguir un mejor mapeo y localización de las perforantes abdominales con el fin de reducir el tiempo de disección del colgajo así como el número de complicaciones perioperatorias.

La presente tesis doctoral analiza el papel de esta nueva aplicación en la evaluación preoperatoria del aporte vascular de la pared abdominal comparando los hallazgos con lo observado durante la intervención quirúrgica, considerando esto último como el estándar para el propósito de nuestro análisis. También se investiga el potencial de las reconstrucciones 3D con VirSSPA para mejorar los resultados perioperatorios en reconstrucción mamaria con tejido autólogo. Se comparan los datos prospectivos de pacientes sometidas a reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP en las que la planificación preoperatoria se ha realizado con VirSSPA frente a pacientes con idéntico

tratamiento quirúrgico, con los mismos cirujanos, pero sin el uso del aplicativo VirSSPA. En el estudio de los datos entre ambos grupos se han evaluado los resultados atribuibles a las reconstrucciones con VirSSPA, incluyendo los beneficios en la supervivencia del colgajo, la morbilidad de la zona donante abdominal, la duración de la intervención quirúrgica y la estancia total hospitalaria. Se discuten además los beneficios de esta nueva herramienta, incluyendo la curva de aprendizaje, y el efecto que su introducción ha tenido sobre la planificación preoperatoria y sobre el procedimiento quirúrgico.

El estudio se diseñó sobre un período de cinco años, desde Mayo del 2004 hasta Mayo del 2009, e incluyó a 70 pacientes en las que se realizó reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP. Las primeras 35 pacientes (desde Mayo del 2004 hasta Noviembre del 2007) fueron evaluadas de forma retrospectiva y se constituyeron en grupo control. Las otras 35 pacientes (desde Diciembre del 2007 hasta Mayo del 2009) formaron parte del brazo prospectivo del estudio utilizando el AngioTAC abdominal con la reconstrucción 3D VirSSPA para el mapeo preoperatorio de las perforantes. El grupo control retrospectivo fue evaluado de forma preoperatoria con ultrasonidos Doppler.

Con el fin de valorar la precisión del software VirSSPA para el mapeo de perforantes se seleccionó una cohorte con las 12 primeras pacientes consecutivas planificadas para reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP en el grupo prospectivo. Todas las pacientes del grupo experimental prospectivo realizaron el AngioTAC abdominal en la misma institución. A partir de los archivos DICOM de las imágenes del TAC se llevó a cabo la reconstrucción 3D de la pared abdominal donde las perforantes de la DIEA, su trayecto a través del músculo recto abdominal y el punto exacto en que las perforantes emergían a través de la fascia del recto se mapearon empleando el software VirSSPA. Posteriormente, las perforantes se marcaban en una plantilla

cuadrículada centrada en el ombligo e impresa en una plantilla transparente (1:1) para permitir su transposición a la piel abdominal de la paciente de forma preoperatoria.

Se llevó a cabo una recogida de todos los datos de las pacientes referidos a características demográficas, comorbilidad, terapias neoadyuvantes, datos quirúrgicos, duración del ingreso hospitalario, complicaciones y tiempo de analgesia intravenosa. Las complicaciones quirúrgicas que ocurrieron en cada grupo se tuvieron en cuenta y comprendían:

- Complicaciones del colgajo DIEAP tales como pérdidas totales o parciales del mismo, insuficiencia arterial o venosa, necrosis grasa, hematoma, infección o seroma.
- Morbilidad de la zona donante abdominal a corto plazo como el hematoma, el seroma y la infección de la herida, y debilidad de la pared abdominal o hernia a largo plazo.
- Complicaciones sistémicas como derrame pleural, trombosis venosa profunda e infarto agudo de miocardio.

También se examinaron los parámetros específicos que podían contribuir a las complicaciones quirúrgicas. Entre estos se incluían la edad de las pacientes en el momento de la intervención, la obesidad (índice de masa corporal >30), un número mayor de dos perforantes abdominales para nutrir el colgajo DIEAP, comorbilidades de las pacientes (diabetes e hipertensión), uso de quimioterapia, tiempos de disección del colgajo superiores a 150 minutos (tiempo medio entre la primera incisión cutánea y la liberación del colgajo DIEAP), tiempos de isquemia mayores de 60 minutos, y tiempos operatorios totales (definidos como el tiempo entre la primera incisión cutánea y el cierre de la última herida) que superaban los 500 minutos, así como el uso de VirSSPA para la planificación prequirúrgica.

Nuestros resultados muestran que la tasa media de error con el programa VirSSPA para el mapeo de perforantes fue de 0,23 cm (95% CI, 0,17 a 0,30), comparado con las distancias reales medidas de forma intraoperatoria.

Se concluyó que el grupo de pacientes VirSSPA mostraba unos tiempos de disección del colgajo DIEAP menores, con acortamiento de los tiempos de isquemia y unas estancias hospitalarias ligeramente reducidas. De ahí que los tiempos operatorios se redujeran una media de 2 h y 8 min cuando los colgajos DIEAP se realizaron tras planificación y mapeo de perforantes con VirSSPA. Estos valores suponen una reducción de casi un 25% en los tiempos quirúrgicos como resultado del mapeo preoperatorio de perforantes.

Además, se observó una reducción estadísticamente significativa (>38%) en la incidencia de cualquier complicación relacionada con el colgajo en pacientes con reconstrucción 3D preoperatoria con el programa VirSSPA, así como una disminución superior al 35% en la morbilidad global de la zona donante abdominal. Las complicaciones relacionadas con el colgajo DIEAP se asociaron de manera importante con pacientes que habían presentado tiempos operatorios por encima de los 500 minutos y tiempos de disección del colgajo más allá de 150 minutos. Por tanto, una paciente sometida a reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP resulta 9,06 veces (OR, 9,06; 95% CI, 1,10 a 74,17) y 13,96 veces (OR, 13,96; 95% CI, 1,70 a 114,07) más propensa, respectivamente, a presentar una complicación del colgajo tras cirugía de reconstrucción mamaria, comparada con pacientes con tiempos quirúrgicos y de disección del colgajo menores.

Tras el análisis estadístico de los datos se encontró que la reconstrucción 3D con VirSSPA de la pared abdominal era un factor protector frente a la posibilidad de sufrir cualquier complicación después de una cirugía de reconstrucción mamaria con colgajo

DIEAP (OR, 0,03; 95% CI, 0,006 a 0,15). En consecuencia, la probabilidad de presentar cualquier tipo de complicación tras la cirugía sin emplear la reconstrucción 3D con VirSSPA para el mapeo de perforantes es 31 veces mayor que cuando se usa el programa VirSSPA para la planificación prequirúrgica del colgajo DIEAP (OR, 31,62; IC 95%: 6,45 a 154,89).

La precisión del software VirSSPA para el mapeo de los vasos finos de la pared abdominal fue considerada una dificultad potencial al comienzo. Experiencias previas con técnicas convencionales de AngioTAC habían demostrado un margen de error en la localización de perforantes de 0,5 cm^{86,284}. Sin embargo, nuestros resultados en el presente estudio sugieren que el software VirSSPA podría ser incluso superior a las técnicas convencionales de AngioTAC, con un margen de error de tan solo 0,23 cm.

Observamos que la reconstrucción 3D preoperatoria con VirSSPA para el mapeo de la zona donante en reconstrucciones con colgajos de perforantes microvascularizados disminuye los tiempos quirúrgicos así como las complicaciones. Dado que el coste de una hora de quirófano se calcula aproximadamente en unos 450 €por hora, la reducción de los tiempos operatorios repercute en la obtención de dividendos significativos a la hora de reducir el consumo de recursos. El coste total de la reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP podría verse reducido al disminuir los tiempos quirúrgicos. Mientras que el coste de un AngioTAC es aproximadamente 300 €, la reducción en los tiempos quirúrgicos lleva a un ahorro medio de casi 1000 €por paciente.

Las reconstrucciones 3D con el software VirSSPA son fáciles de interpretar. Consideramos que el aprendizaje de la técnica no es difícil y puede llegar a ser dominada fácilmente por cualquier cirujano motivado. No obstante, existe una curva de aprendizaje corta relacionada con la herramienta y se tarda aproximadamente unos 30 minutos en lograr la reconstrucción 3D a partir de los archivos DICOM.

La reconstrucción 3D con VirSSPA a partir de los archivos del AngioTAC para la evaluación de los colgajos de perforantes se ha probado como un método seguro y fiable. En conclusión, la principal ventaja de la herramienta VirSSPA, cuando se usa junto con una técnica de imagen como el AngioTAC, es que proporciona datos adicionales y potencialmente más precisos que el AngioTAC convencional con respecto a la localización de las mejores perforantes y su trayecto intramuscular. Su uso evita el tiempo que se pierde en disecar perforantes pequeñas cuando existen otras mayores en algún otro lugar contribuyendo, por tanto, a la reducción de los tiempos quirúrgicos. Existen también algunas indicaciones que sugieren que influye de forma positiva sobre las tasas de supervivencia del colgajo y sobre las complicaciones perioperatorias, aunque se requieren series mayores de pacientes para generalizar y confirmar estos hallazgos.

Probablemente, de estos principios puedan derivar otras aplicaciones de realidad virtual para su uso futuro en cirugía plástica reconstructiva. Esperamos que el proyecto desarrollado contribuya a tal fin.

11. SUMMARY

Currently, the first option in breast reconstruction with autologous tissue is the abdominal perforator flap due to the similarity of this tissue to that of the breast. Vascular anatomy of the abdominal wall varies greatly, especially in the case of the perforator branches of the deep inferior epigastric artery (DIEA). For this reason, a presurgically established vascular map can facilitate surgical planning in each patient^{66,83}.

Ultrasound, computed tomography angiography (CTA), and magnetic resonance angiography (MRA) have been described in the literature as showing benefit for perforator mapping^{66,71,77,78,86,92,99,284}.

CTA-guided VirSSPA three-dimensional (3D) software for virtual reality navigation in DIEAP flap surgery has been developed in our hospital by a multidisciplinary team composed by both specialists in simulation and virtual reality applications and medical doctors. The main aim of the introduced technique was to better map the perforators in order to reduce the dissection time of the flap and the number of complications.

The current PhD dissertation evaluates the role of this new application in the preoperative evaluation of the vascular supply to the abdominal wall compared with operative findings, which are considered the standard for the purposes of this analysis. The potential for preoperative CTA-guided VirSSPA reconstruction to improve perioperative outcomes in autologous breast reconstruction has been also examined. Prospective data from patients undergoing preoperative imaging with CTA-VirSSPA are compared with results from patients undergoing equivalent surgery with the same surgeons but without the use of CTA-VirSSPA. The outcomes attributable to CTA-guided VirSSPA reconstructions, including benefits to flap survival, donor site morbidity, length of operation, and overall length of hospital stay, are assessed. We

further discuss the apparent benefits of the new tool, including the learning-curve, the effect on our operative planning, and the actual surgery.

The study was designed over a time period of 5 years, from May 2004 to May 2009, and included 70 patients undergoing DIEAP flap surgery. The first 35 patients (from May 04 to November 07) were retrospectively used as the control group. The remaining 35 patients (from December 07 to May 09) were part of the prospective arm of the study using CTA with VirSSPA 3D software to preoperatively map the perforators. The retrospective control group underwent Doppler ultrasound for perforator mapping.

In order to assess the accuracy of VirSSPA software for perforator mapping a cohort study was undertaken with the first 12 consecutive female patients planned for an elective DIEAP flap in the prospective group. All patients in the experimental prospective group underwent CTA scanning at a single institution. From the DICOM archives of the CTA images we performed the 3D abdominal wall reconstruction where the DIEA perforators, their course through the rectus abdominis muscle and the exact point of emergence through the anterior rectus sheath were mapped using VirSSPA software. Afterwards, perforators were marked on a grid centered on the umbilicus and printed on a transparent template scale (1:1) to allow their transposition onto the abdominal skin of the patient.

Details on patient demographics, comorbidities, neoadjuvant treatments, surgical data, length of hospital stay, complications and length of intravenous analgesia were collected. Surgical complications were noted for each group comprising:

- Flap related complications such as partial or total flap failure, arterial or venous insufficiency, fat necrosis, haematoma, infection and seroma.

- Donor site morbidity such as haematoma, seroma and infection in the short term, and abdominal bulge or hernia in the long term.
- Systemic complications such as pleural effusion, deep venous thrombosis and myocardial infarct.

Specific parameters that might potentially contribute to surgical complications were also examined. These included patient age at operation, obesity (body mass index >30), number of perforators to supply the flap above two, patient comorbidities (diabetes and hypertension), use of chemotherapy, flap harvesting time (average time from the first skin incision to the autonomization of the flap) exceeding 150 minutes, ischaemia times longer than 60 minutes and operative times (defined as the time between the first incision and wound closure) going beyond 500 minutes, as well as the use of VirSSPA software for surgical planning.

Our results show that the average error rate with VirSSPA program for perforator mapping was found to be 0.23 cm (95% CI, 0.17 to 0.30), by comparison to the real distances measured intraoperatively.

It was concluded that the CTA-VirSSPA group had shorter flap harvesting times with reduced ischaemia times and slightly shorter hospital stays. Hence, operative times were reduced by a mean of 2 h and 8 min when DIEAP flaps were performed after CTA-guided VirSSPA perforator mapping. This value accounts for a reduction of almost 25% as a result of preoperative perforator mapping.

In addition, a statistically significant reduction (>38%) in the incidence of any flap-related complications was observed in patients undergoing preoperative CTA-VirSSPA reconstruction as well as a decrease above 35% in overall donor site morbidity. DIEAP flap-related complications were strongly associated with patients having total operative times longer than 500 minutes and flap harvesting times above

150 minutes. Hence, a patient undergoing DIEAP flap surgery was 9.06 times more likely (OR, 9.06; 95% CI, 1.10 to 74.17) and 13.96 times more likely (OR, 13.96; 95% CI, 1.70 to 114.07), respectively, to show a DIEAP flap-related complication after breast reconstruction surgery, when compared to a patient with shorter surgery times.

The use of CTA-guided VirSSPA 3D reconstruction was found to be a protective factor against developing any kind of complication after DIEAP flap surgery (OR, 0.03; 95% CI, 0.006 to 0.15). Therefore, the probability of presenting any kind of complication after DIEAP flap breast reconstruction without using VirSSPA 3D reconstruction for perforator mapping was 31 times higher than when using the VirSSPA program (OR, 31.62; IC 95%: 6.45 to 154.89).

The accuracy of VirSSPA software for the mapping of fine caliber perforator vessels in the abdominal wall was considered a potential difficulty. Previous experience with conventional CTA had demonstrated an error localization margin of 0.5 cm^{86,284}. However, our findings in the current study suggest that CTA-VirSSPA software may be even superior to conventional CTA techniques, with an error margin of only up to 0.23 cm.

We observed that preoperative VirSSPA 3D reconstruction for mapping of the donor site in microvascular perforator flap reconstruction diminishes surgery time as well as complications. Because the cost of time in the operating room in our hospital has been approximately calculated as close to 450 €/per hour, savings in operative time pays significant dividends in reducing the use of resources. Total cost of DIEAP flap breast reconstruction might be thus decreased by reducing surgery time. While the cost of one CTA was approximately 300 €, the reduction in surgery time led to an average saving of about 1000 €/per patient.

VirSSPA software 3D reconstructions are easy to interpret. We consider that the learning of this technique is not difficult and can be readily mastered by any motivated surgeon. However, there is a short learning curve and it takes approximately 30 min to create the image.

CTA-guided VirSSPA 3D reconstruction in the assessment of perforator flaps was proved to be safe and reliable. In summary, the main advantage of VirSSPA, when used in conjunction with an image assessment such as CTA, is to provide additional and potentially more accurate data over conventional CTA regarding the site of the best perforators and its course through the muscle. It prevents the time lost by dissecting small perforators when larger ones exist elsewhere, thus helping in the reduction of surgery time. There are also indications suggesting that it positively influences the survival rate of flaps as well as perioperative complications, although larger series may be required to confirm this outcome.

Likely, other exciting virtual reality applications might derive from these principles for future use in reconstructive plastic surgery. We hope that our project will contribute to the many steps that need to be taken worldwide toward such goal.

12. BIBLIOGRAFIA

1. López-Abente G, Pollán Santamaría M, Aragonés Sanz N, Pérez Gómez B, Hernández Barrera V, Lope V, et al. Plan Integral del Cáncer: Situación del cáncer en España. Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo; 2004 [cited 2008 Jun 6]. Available from: <http://www.msc.es/biblioPublic/publicaciones/home.htm>.
2. 1973–2001 SEER public-use data [Internet]: National Cancer Institute [cited 2008 Jun 6]. Available from: <http://www.seer.cancer.gov/publicdata>.
3. The Steering Committee on Clinical Practice Guidelines for the Care and Treatment of Breast Cancer and Canadian Association of Radiation Oncologists. Mastectomy or lumpectomy? The choice of operation for clinical stages I and II breast cancer. *CMAJ* 1998; 158: S15–S21.
4. Morrow M, Strom EA, Bassett LW, Dershaw DD, Fowble B, Giuliano A, et al. Standard for breast conservation therapy in the management of invasive breast carcinoma. *Cancer J Clin* 2002; 52: 277–300.
5. Katz SJ, Lantz PM, Janz NK, Fagerlin A, Schwartz K, Liu L, et al. Patient involvement in surgery treatment decisions for breast cancer. *J Clin Oncol* 2005; 23: 5526–33.
6. Carlson GW. Trends in autologous breast reconstruction. *Seminars Plast Surg* 2004; 18: 79-87.
7. Brandberg Y, Malm M, Blomqvist L. A prospective and randomized study, “SVEA,” comparing effects of three methods for delayed breast reconstruction on quality of life, patient-defined problem areas of life, and cosmetic result. *Plast Reconstr Surg* 2000; 105: 66-74.
8. Edsander-Nord A, Brandberg Y, Wickman M. Quality of life, patients’ satisfaction, and aesthetic outcome after pedicled or free TRAM flap breast surgery. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 1142-53.
9. Giroto JA, Schreiber J, Nahabedian MY. Breast reconstruction in the elderly: preserving excellent quality of life. *Ann Plast Surg* 2003; 50: 572-8.
10. National Plastic Surgery Statistics Clearinghouse [Internet]: American Society of Plastic Surgeons (ASPS) [cited 2008 Jun 8]. Available from: www.plasticsurgery.org/media/statistics/index.cfm.
11. Alderman AK, Wei Y, Birkmeyer JD. Use of breast reconstruction after mastectomy following the Women's Health and Cancer Rights Act. *JAMA* 2006; 295: 387-8.
12. Alderman AK, Hawley ST, Waljee J, Morrow M, Katz SJ. Correlates of referral practices of general surgeons to plastic surgeons for mastectomy reconstruction. *Cancer* 2007; 109: 1715-20.
13. Morrow M, Mujahid M, Lantz PM, Janz NK, Fagerlin A, Schwartz K, et al. Correlates of breast reconstruction: results from a population-based study. *Cancer* 2005; 104: 2340-6.
14. Meretoja T, Suominen E. Demand for plastic surgical operations after primary breast cancer surgery. *Scand J Surg* 2005; 94: 211-15.
15. Alderman AK, McMahon L Jr, Wilkins EG. The national utilization of immediate and early delayed breast reconstruction and the effect of sociodemographic factors. *Plast Reconstr Surg* 2003; 111: 695-703.
16. Kroll SS, Evans GR, Reece GP, Miller MJ, Robb GL, Baldwin BJ, et al. Comparison of resource costs of free and conventional TRAM flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1996; 98: 74-77.
17. Milton SH. Pedicled skin flaps: the fallacy of the length: width ratio. *Br J Surg* 1970; 57: 502–8.
18. Milton SH. Experimental studies on island flaps. *Plast Reconstr Surg* 1971; 48: 574–8.

19. McGregor IA, Jackson IT. The groin flap. *Br J Plast Surg* 1972; 25: 3–16.
20. Hartrampf CR, Schefflan M, Black PW. Breast reconstruction with a transverse abdominal island flap. *Plast Reconstr Surg* 1982; 69: 216–25.
21. Daniel RK, Taylor GI. Distant transfer of an island flap by microvascular anastomoses. *Plast Reconstr Surg* 1973; 52: 111–7.
22. Taylor GI, Daniel RK. The free flap: composite tissue transfer by vascular anastomoses. *Aust N Z J Surg* 1973; 43: 1–3.
23. Taylor GI, Daniel RK. The anatomy of several free flap donor site. *Plast Reconstr Surg* 1975; 56: 243–53.
24. Holstrom H. The free abdominoplasty flap and its use in breast reconstruction. An experimental study and clinical case report. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1979; 13: 423–27.
25. Hallock GG. Defatting of flaps by means of suction-assisted lipectomy. *Plast Reconstr Surg* 1985; 76: 948–52.
26. Elliott LF, Raffel B, Wade J. Segmental latissimus dorsi free flap: clinical applications. *Ann Plast Surg* 1989; 23: 231–8.
27. Feller AM. Free TRAM. Results and abdominal wall function. *Clin Plast Surg* 1994; 21: 232.
28. Koshima I, Moriguchi T, Soeda S, Tanaka H, Umeda N. Free thin paraumbilical perforator-based flaps. *Ann Plast Surg* 1992; 29: 12–17.
29. Allen RJ, Treece P. Deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 1994; 32: 32–38.
30. Blondeel PN, Boeckx WD. Refinements in free flap breast reconstruction: the free bilateral deep inferior epigastric perforator flap anastomosed to the internal mammary artery. *Br J Plast Surg* 1994; 47: 495–501.
31. Kroll SS. Fat necrosis in free transverse rectus abdominis myocutaneous and deep inferior epigastric perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2000; 106: 576–583.
32. Hamdi M, Weiler-Mithoff EM, Webster MH. Deep inferior epigastric perforator flap in breast reconstruction: experience with the first 50 flaps. *Plast Reconstr Surg* 1999; 103: 86–95.
33. Taylor GI, Corlett RJ, Boyd JB. The versatile deep inferior epigastric (inferior rectus abdominis) flap. *Br J Plast Surg* 1984; 37: 330–350.
34. Gill PS, Hunt JP, Guerra AB, Dellacroce FJ, Sullivan SK, Boraski J, et al. A 10-year retrospective review of 758 DIEP flaps for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2004; 113: 1153–60.
35. Dupin CL, Allen RJ, Glass CA, Bunch R. The internal mammary artery and vein as a recipient site for free-flap breast reconstruction: a report of 110 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg* 1996; 98: 685–91.
36. Feng LJ. Recipient vessels in free-flap breast reconstruction: a study of the IM and thoracodorsal vessels. *Plast Reconstr Surg* 1997; 99: 405–9.
37. Ninkovic M, Anderl H, Hefel A, Schwabegger A, Wechselberger G. Internal mammary vessels: a reliable recipient system for free flaps in breast reconstruction. *Br J Plast Surg* 1995; 48: 533–9.
38. Koshima I, Soeda S. Inferior epigastric artery skin flap without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg* 1989; 42: 645–9.
39. Blondeel PN, Vanderstraeten GG, Monstrey SJ. The donor site morbidity of the free DIEP flaps and free tram flaps for breast reconstructions. *Br J Plast Surg* 1997; 50: 322–9.
40. Blondeel PN, Vanderstraeten GG, Monstrey SJ. Surgical and technical aspects of the free DIEP flap for breast reconstruction. *Op Tech Plast Recons Surg* 1999; 6: 27–36.

41. Nahabedian MY, Dooley W, Singh N, Manson P. Contour abnormalities of the abdomen after breast reconstruction with abdominal flaps: the role of muscle preservation. *Plast Reconstr Surg* 2002; 119: 91–101.
42. Nahabedian MY, Momem B, Galdino G, Manson P. Breast reconstruction with the free TRAM or DIEP flap: patient selection, choice of flap and outcome. *Plast Reconstr Surg* 2002; 110: 476–7.
43. Munhoz AM, Sturtz GP, Montag E, Arruda EG, Aldrighi C, Gemperli R, et al. Clinical outcome of abdominal wall after deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap harvesting and immediate application of abdominoplasty techniques. *Plast Reconstr Surg* 2005; 116: 1881–93.
44. Allen R, Heitland A. Autogenous augmentation mammoplasty with microsurgical tissue transfer. *Plast Reconstr Surg* 2003; 112: 91–100.
45. Nahabedian MY, Momen B, Galdino G, Manson PN. Breast reconstruction with the free TRAM flap: patient selection, choice of flap, and outcome. *Plast Reconstr Surg* 2002; 110: 466–75.
46. Garcia-Tutor E, Murillo J. The ideal patient for the first breast reconstruction using a DIEP flap. *Plast Reconstr Surg* 2003; 111: 947–950.
47. Craigie JE, Allen RJ, Dellacroce FJ, Sullivan SK. Autogenous breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator flap. *Clin Plastic Surg* 2003; 30: 359–369.
48. Godfrey P, Godfrey N. Transverse rectus abdominis musculocutaneous flaps after liposuction of the abdomen. *Ann Plast Surg* 1994; 33: 209–10.
49. Kim J, Chang D, Temple C, Beahm EK, Robb GL. Free transverse rectus abdominis musculocutaneous flap breast reconstruction in patients with prior abdominal suction-assisted lipectomy. *Plast Reconstr Surg* 2004; 113: 28–31.
50. Allen RJ. DIEP versus TRAM for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2003; 111: 2478.
51. Blondeel PN. One hundred free DIEP flap breast reconstructions: a personal experience. *Br J Plast Surg* 1999; 52: 104–11.
52. Arnez ZM, Scamp T. The bipediced free TRAM flap. *Br J Plast Surg* 1992; 45: 214–8.
53. Ali RS, Garrido A, Ramakrishnan V. Stacked free hemi-DIEP flaps: a method of autologous breast reconstruction in a patient with midline abdominal scarring. *Br J Plast Surg* 2002; 55: 351–3.
54. Granzow JW, Levine JL, Chiu ES, Allen RJ. Breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator flap: History and an update on current technique. *Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59: 571–79.
55. Santanelli F, Paolini G, Renzi L. Preliminary experience in breast reconstruction with the free vertical deep inferior epigastric perforator flap. *Scand J Plast Surg* 2008; 42: 23–27.
56. Mathes SJ, Bostwick J III. A rectus abdominis myocutaneous flap to reconstruct abdominal wall defects. *Br J Plast Surg* 1977; 30: 282–3.
57. Moon HK, Taylor GJ. The vascular anatomy of rectus abdominis musculocutaneous flaps based on the deep superior epigastric system. *Plast Reconstr Surg* 1988; 82: 815–29.
58. Dinner MI, Dowden RV, Sheflan M. Refinements in the use of the transverse abdominal island flap for postmastectomy reconstruction. *Ann Plast Surg* 1983; 11: 362–72.
59. Rogers N, Allen R. Radiation effects on breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109: 1919–24.

60. Palmer JH, Taylor GI. The vascular territories of the anterior chest wall. *Br J Plast Surg* 1986; 39: 287-99.
61. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Surg* 1987; 40: 113-141.
62. Taylor GI, Townsend P, Corlett R. Superiority of the deep circumflex iliac vessels as the supply for free groin flaps. *Plast Reconstr Surg* 1979; 64: 595-604.
63. Stokes RB, Whetzel TP, Sommerhaug E, Saunders CJ. Arterial vascular anatomy of the umbilicus. *Plast Reconstr Surg* 1998; 102: 761-4.
64. Whetzel TP, Lechtman AN. The gracilis myofasciocutaneous flap: vascular anatomy and clinical application. *Plast Reconstr Surg* 1997; 99: 1642-52.
65. Taylor GI, Doyle M, McCarten G. The Doppler probe for planning flaps: Anatomical study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1990; 43: 1-16.
66. Giunta RE, Geisweid A, Feller AM. The value of preoperative Doppler sonography for planning free perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2000; 105: 2381-2386.
67. Wei FC, Mardini S. Free-style free flaps. *Plast Reconstr Surg* 2004; 114: 910-916.
68. Chang BW, Luethke R, Berg WA, Hamper UM, Manson PN. Twodimensional color Doppler imaging for precision preoperative mapping and size determination of TRAM flap perforators. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93: 197-200.
69. Berg WA, Chang BW, DeJong MR, Hamper UM. Color Doppler flow mapping of abdominal wall perforating arteries for transverse rectus abdominis myocutaneous flap in breast reconstruction: Method and preliminary results. *Radiology* 1994; 192: 447-450.
70. Blondeel PN, Beyens G, Verhaeghe R, Van Landuyt K, Tonnard P, Monstrey SJ, et al. Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps. *Br J Plast Surg* 1998; 51: 202-209.
71. Hallock GG. Doppler sonography and color duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plast Surg* 2003; 30: 347-357.
72. Heitland AS, Markowicz M, Koellensperger E, Schoth F, Feller AM, Pallua N. Duplex ultrasound imaging in free transverse rectus abdominis muscle, deep inferior epigastric artery perforator, and superior gluteal artery perforator flaps: Early and long-term comparison of perfusion changes in free flaps following breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 2005; 55: 117-121.
73. Komuro Y, Iwata H, Inoue M, Yanai A. Versatility of scanning laser Doppler imaging to detect cutaneous perforators. *Ann Plast Surg* 2002; 48: 613-616.
74. Chijiwa T, Arai K, Miyazaki N, Igota S, Yamamoto N. Making of a facial perforator map by thermography. *Ann Plast Surg* 2000; 44: 596-600.
75. Kalra S, Dancey A, Waters R. Intraoperative selection of dominant perforator vessel in DIEP free flaps based on perfusion strength using digital infrared thermography-a pilot study. *Plast Reconstr Aesthet Surg* 2007; 2: 1365-68.
76. Ahn CY, Narayanan K, Shaw WW. In vivo anatomic study of cutaneous perforators in free flaps using magnetic resonance imaging. *J Reconstr Microsurg* 1994; 10: 157-163.
77. Masia J, Clavero JA, Larrañaga JR, Alomar X, Pons G, Serret P. Multidetector-row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59: 594-599.
78. Alonso-Burgos A, Garcia-Tutor E, Bastarrika G, Cano D, Martinez-Cuesta A, Pina LJ. Preoperative planning of deep inferior epigastric artery perforator flap reconstruction with multislice-CT angiography: Imaging findings and initial experience. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59: 585-593.

79. Fuyaka E, Grossman R, Saloner D, Leon P, Nozaki M, Mathes S. Magnetic resonance angiography for free fibula flap transfer. *J Reconstr Microsurg* 2007; 23: 205-212.
80. Rozen WM, Stella DL, Bowden J, Taylor GI, Ashton MW. Advances in the preoperative planning of deep inferior epigastric artery perforator flaps: Magnetic resonance angiography. *Microsurgery* 2009; 29: 119-23.
81. Chernyak V, Rozenblit A, Greenspun D, Levine JL, Milikow DL, Chia FA, et al. Breast reconstruction with deep inferior epigastric artery perforator flap: 3.0-T Gadolinium-enhanced MR imaging for preoperative localization of abdominal wall perforators. *Radiology* 2009; 250: 417-424.
82. Rozen WM, Ashton MW. Improving outcomes in autologous breast reconstruction. *Aesthet Plast Surg* 2009; 33: 327-35.
83. Rozen W, Garcia-Tutor E, Alonso-Burgos A, Acosta R, Stillaert F, Zubietta JL, et al. Planning and optimising DIEP flaps with virtual surgery: the Navarra experience. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008. Epub 2008 Nov 28.
84. Allen RJ, Tucker C. Superior gluteal artery perforator free flap for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1995; 95: 1207-12.
85. Hallock GG. Evaluation of fasciocutaneous perforators using color duplex imaging. *Plast Reconstr Surg* 1994; 94: 644-51.
86. Rozen WM, Phillips TJ, Ashton MW, Stella DL, Gibson RN, Taylor GI. Preoperative imaging for DIEA perforator flaps: a comparative study of computed tomographic angiography and Doppler ultrasound. *Plast Reconstr Surg* 2008; 121: 9-16.
87. Salmi AM, Tukiainen E, Asko-Seljavaara S. Thermographic mapping of perforators and skin blood flow in the free transverse rectus abdominis musculocutaneous flap. *Ann Plast Surg* 1995; 35: 159-64.
88. Roth J, Beni-Adani L, Biyani N, Constantini S. Classical and real-time neuronavigation in pediatric neurosurgery. *Childs Nerv Syst* 2006; 22: 1065-1071.
89. Bracard S, Anxionnat R, Picard L. Current diagnostic modalities for intracranial aneurysms. *Neuroimaging Clin N Am* 2006; 16: 397-411.
90. Hoffmann U, Ferencik M, Cury RC, Pena AJ. Coronary CT angiography. *J Nucl Med* 2006; 47: 797-806.
91. Kawamoto S, Fishman EK. MDCT angiography of living laparoscopic renal donors. *Abdom Imaging* 2006; 31: 361-373.
92. Rosson G, Williams C, Fishman E, Singh NK. 3D CT angiography of abdominal wall vascular perforators to plan DIEAP flaps. *Microsurgery* 2007; 27: 641-646.
93. Rozen WM, Ashton MW, Stella DL, Phillips TJ, Grinsell D, Taylor GI. The accuracy of computed tomographic angiography for mapping the perforators of the deep inferior epigastric artery: a blinded, prospective cohort study. *Plast Reconstr Surg* 2008; 122: 1003-1009.
94. Rozen WM, Ashton MW, Stella DL, Phillips TJ, Taylor GI. The accuracy of computed tomographic angiography for mapping the perforators of the deep inferior epigastric artery: a cadaveric study. *Plast Reconstr Surg* 2008; 122: 363-369.
95. Rozen WM, Stella DL, Ashton MW, Phillips TJ, Taylor GI. Three-dimensional CT angiography: a new technique for imaging microvascular anatomy. *Clin Anat* 2007; 20: 1001-1003.
96. Rozen WM, Stella DL, Ashton MW, Phillips TJ, Taylor GI. The cutaneous arteries of the anterior abdominal wall: a three-dimensional study. *Plast Reconstr Surg* 2008; 121: 1510-1512.

97. Masia J, Larranaga JR, Clavero JA, Vives L, Pons G, Pons JM. The value of the multidetector row computed tomography for the preoperative planning of deep inferior epigastric artery perforator flap. *Ann Plast Surg* 2008; 60: 29-36.
98. Phillips TJ, Stella DL, Rozen WM, Ashton M, Taylor GI. Abdominal wall CT angiography: a detailed account of a newly established preoperative imaging technique. *Radiology* 2008; 249: 32-44.
99. Rozen WM, Ashton MW, Grinsell D, Stella DL, Phillips TJ, Taylor GI. Establishing the case for CT angiography in the preoperative imaging of perforators for DIEA perforator flaps. *Microsurgery* 2008; 28: 306-313.
100. Rozen WM, Murray AC, Ashton MW, Bloom RJ, Stella DL, Phillips TJ, et al. The cutaneous course of deep inferior epigastric perforators: implications for flap thinning. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009; 62: 986-90. Epub 2008 Jun 6.
101. Rozen WM, Stella DL, Phillips TJ, Ashton MW, Corlett RJ, Taylor GI. Magnetic resonance angiography in the preoperative planning of DIEA perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2008; 122: 222e-223e.
102. Rozen WM, Murray ACA, Ashton MW, Bloom RJ, Stella DL, Phillips TJ, et al. Improving operative outcomes in DIEP flap breast reconstruction: radiological advances for preoperative imaging of the abdominal wall. Milan (Italy): 4th European Conference of Plastic and Reconstructive Surgery of the Breast; 2007.
103. Alonso-Burgos A, Garcia-Tutor E. Clinical experience in MR angiography in DIEP and perforator flaps. Pamplona (Spain): 2nd international course on planning DIEP and perforator flaps with 3D angio-CT and angio-MR; 2008.
104. Perks AG, Neil-Dwyer JG, Ludman C, McCulley SJ. Contrast enhanced magnetic resonance angiography in preoperative planning for DIEP flap elevation. Hong Kong (China): Royal Australasian College of Surgeons Annual Scientific Congress; 2008.
105. Guerra AB, Metzinger SE, Bidros RS, Rizzuto RP, Gill PS, Nguyen AH, et al. Bilateral breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator (DIEP) flap: an experience with 280 flaps. *Ann Plast Surg* 2004; 52: 246-52.
106. Allen RJ, Heitmann C. Perforator flaps: The history of evolution. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2002; 34: 216-8.
107. Allen, RJ. Comparison of the costs of DIEP and TRAM flaps. *Plast Reconstr Surg* 2001; 108: 2165.
108. Garvey PB, Buchel EW, Pockaj BA, Gray RJ, Samson TD. The deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction in overweight and obese patients. *Plast Reconstr Surg* 2005; 115: 447-57.
109. Keller A. The deep inferior epigastric perforator free flap for breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 2001; 46: 474-9.
110. Nahabedian MY, Tsangaris T, Momen B. Breast reconstruction with the DIEP flap or the muscle-sparing (MS-2) free TRAM flap: Is there a difference? *Plast Reconstr Surg* 2005; 115: 436-44.
111. Scheer AS, Novak CB, Neligan PC, Lipa JE. Complications associated with breast reconstruction using a perforator flap compared with a free TRAM flap. *Ann Plast Surg* 2006; 56: 355-8.
112. Schusterman MA, Kroll SS, Miller MJ, Reece GP, Baldwin BJ, Robb GL, et al. The free transverse rectus abdominis musculocutaneous flap for breast reconstruction: One center's experience with 211 consecutive cases. *Ann Plast Surg* 1994; 32: 234-41.
113. Mehrara BJ, Santero TD, Arcilla E, Watson JP, Shaw WW, DaLio AL. Complications after microvascular breast reconstruction: Experience with 1195 flaps. *Plast Reconstr Surg* 2006; 118: 1100-1109.

114. Vesely J, Stupka I, Drazan L, Holusa P, Licata P, Corradini B. DIEP flap breast reconstruction: New experience. *Acta Chir Plast* 2001; 43: 3-6.
115. Blondeel PN, Arnstein M, Verstraete K, Depuydt K, Van Landuyt KH, Monstrey SJ, et al. Venous congestion and blood flow in free transverse rectus abdominis myocutaneous and deep inferior epigastric perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2000; 106: 1295-9.
116. Futter CM, Webster MH, Hagen S, Mitchell SL. A retrospective comparison of abdominal muscle strength following breast reconstruction with a free TRAM or DIEP flap. *Br J Plast Surg* 2000; 53: 578-83.
117. Futter CM. Abdominal donor site morbidity: Impact of the TRAM and DIEP flap on strength and function. *Semin Plast Surg* 2002; 16: 119-30.
118. Kroll SS, Schusterman MA, Reece GP, Miller MJ, Robb G, Evans G. Abdominal wall strength, bulging and hernia after TRAM flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1995; 96: 616-9.
119. Suominen S, Tervahartiala P, Von Smitten K, Asko-Seljavaara S. Magnetic resonance imaging of the TRAM flap donor site. *Ann Plast Surg* 1997; 38: 23-8.
120. Watterson PA, Bostwick III J, Hester Jr TR, Bried JT, Taylor GI. TRAM flap anatomy correlated with a 10-year clinical experience with 556 patients. *Plast Reconstr Surg* 1995; 95: 1185-94.
121. Bottero L, Lefaucheur JP, Fadhul S, Raulo Y, Collins ED, Lantieri L. Electromyographic assessment of rectus abdominis muscle function after deep inferior epigastric perforator flap surgery. *Plast Reconstr Surg* 2004; 113: 156-61.
122. Futter CM, Weiler-Mithoff E, Hagen S, Van de Sijpe K, Coorevits PL, Litherland JC, et al. Do preoperative abdominal exercises prevent post-operative donor site complications for women undergoing DIEP flap breast reconstruction? A two-centre, prospective randomised controlled trial. *Br J Plast Surg* 2003; 56: 674-83.
123. Kroll SS, Sharma S, Koutz C, Langstein HN, Evans GRD, Robb GL, et al. Postoperative morphine requirements of free TRAM and DIEP flaps. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 338-41.
124. Kroll SS, Reece GP, Miller MJ, Robb GL, Langstein HN, Butler CE, et al. Comparison of cost for DIEP and free TRAM flap breast reconstructions. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 1413-6.
125. Thoma A, Veltri K, Khuthaila D, Rockwell G, Duku E. Comparison of the deep inferior epigastric perforator flap and free transverse rectus abdominis myocutaneous flap in postmastectomy reconstruction: A cost-effectiveness analysis. *Plast Reconstr Surg* 2004; 113: 1650-61.
126. Kaplan JL, Allen RJ. Cost-based comparison between perforator flaps and TRAM flaps for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2000; 105: 943-8.
127. Mizgala CL, Hartrampf CR, Bennet GK. Assessment of the abdominal wall after pedicled TRAM flap surgery: 5 to 7 year follow-up of 150 consecutive patients. *Plast Reconstr Surg* 1994; 93: 988-1002.
128. Lee SJ, Lim J, Tan WT, Baliarsing A, Iau PT, Tan LK, et al. Changes in the local morphology of the rectus abdominis muscle following the DIEP flap: an ultrasonographic study. *Br J Plast Surg* 2004; 57: 398-405.
129. Schaverien MV, Perks AGB, McCulley SJ. Comparison of outcomes and donor-site morbidity in unilateral free TRAM versus DIEP flap breast reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2007; 60: 1219-24.
130. Bajaj AK, Chevray PM, Chang DW. Comparison of donor-site complications and functional outcomes in free muscle-sparing TRAM flap and free DIEP flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117: 737-46.

131. Villafane O, Gahankari D, Webster M. Superficial inferior epigastric vein (SIEV): 'lifeboat' for DIEP/TRAM flaps. *Br J Plast Surg* 1999; 5: 599.
132. Niranjian NS, Khandwala AR, Mackeenzie DM. Venous augmentation of the free TRAM flap. *Br J Plast Surg* 2001; 54: 335–7.
133. Wechselberger G, Schoeller T, Bauer T, Neumeister MW, Lille S, Mowlavi A, et al. Venous superdrainage in deep inferior epigastric perforator flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2001; 108: 162-6.
134. Tutor EG, Auba C, Benito A, Rábago G, Kreutler W. Easy venous superdrainage in DIEP flap breast reconstruction through the intercostal branch. *J Reconstr Microsurg* 2002; 18: 595-8.
135. Carramenha e Costa MA, Carriquiry C, Vasconez LO, Grotting JC, Herrera RH, Windle BH. An anatomical study of the venous drainage of the transverse rectus abdominis musculocutaneous flap. *Plast Reconstr Surg* 1987; 79: 208–17.
136. Taylor GI, Caddy CM, Watterson PA, Crook JG. The venous territories (venosomes) of the human body: experimental study and clinical implications. *Plast Reconstr Surg* 1990; 86: 185–213.
137. Imanishi N, Nakajima H, Minabe T, Chang H, Aiso S. Anatomical relationship between arteries and veins in the paraumbilical region. *Br J Plast Surg* 2003; 56: 552–6.
138. Cormack GC, Lamberty BGH. The arterial anatomy of skin flaps. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone; 1987.
139. El-Markby HH, Milner RH. The vascular anatomy of the lower anterior abdominal wall: a microdissection study on the deep inferior epigastric vessels and the perforator branches. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109: 539–43.
140. Tuominen HP, Asko-Seljavaara S, Svartling NE, Härmä MA. Cutaneous blood flow in the TRAM flap. *Br J Plast Surg* 1992; 45: 261–9.
141. Tuominen HP, Asko-Seljavaara S, Svartling NE. Cutaneous bloodflow in the free TRAMflap. *Br J Plast Surg* 1993; 46: 665–9.
142. Lorenzetti F, Ahovuo J, Suominen S, Salmi A, Asko-Seljavaara S. Color Doppler ultrasound evaluation of haemodynamics changes in free TRAM flaps and their donor sites. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2002; 36: 202–6.
143. Sano K, Hallock GG, Rice DC. Venous interruption is unnecessary to achieve an adequate delay in the rat TRAM flap model. *Plast Reconstr Surg* 2003; 111: 300–5.
144. Hallock GG. Physiological studies using laser Doppler flowmetry to compare blood flow to the zones of the free TRAM flap. *Ann Plast Surg* 2001; 47: 229–33.
145. Hallock GG, Rice DC. Comparison of TRAM and DIEP physiology in a rat model. *Plast Reconstr Surg* 2004; 114: 1179–84.
146. Rogers NE, Allen RJ. Radiation effects on breast reconstruction with the deep inferior epigastric perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109: 1919-24.
147. Munhoz AM, Ishida LH, Sturtz GP, Cunha MS, Montag E, Saito FL, et al. Importance of lateral row perforator vessels in deep inferior epigastric perforator flap harvesting. *Plast Reconstr Surg* 2004; 113: 517-524.
148. Drazan L, Vesely J, Hyza P, Castagnetti F, Stupka I, Justan I, et al. Bilateral breast reconstruction with DIEP flaps: 4 years' experience. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008; 61: 1309-1315.
149. Yan XQ, Yang HY, Zhao YM, You L, Xu J. Deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction: experience with 43 flaps. *Chin Med J* 2007; 120: 380-84.
150. Hermanson A, Dalsgaard CJ, Arnander C, Lindblom U. Sensibility and cutaneous reinnervation in free flap. *Plast Reconstr Surg* 1987; 79: 422-425.

151. Lehmann C, Gumener R, Montandon D. Sensibility and cutaneous reinnervation after breast reconstruction with musculocutaneous flaps. *Ann Plast Surg* 1991; 26: 325-327.
152. Blondeel PN, Demuyneck M, Mete D, Monstrey SJ, Van Landuyt K, Matton G, et al. Sensory nerve repair in perforator flaps for autologous breast reconstruction: sensational or senseless? *Br J Plast Surg* 1999; 52: 37-44.
153. Yap LH, Whiten SC, Forster A, Stevenson JH. The anatomical and neurophysiological basis of the sensate free TRAM and DIEP flaps. *Br J Plast Surg* 2002; 55: 35-45.
154. Temple CL, Tse R, Bettger-Hahn M, MacDermid J, Gan BS, Ross DC. Sensibility following innervated free TRAM flap for breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117: 2119-27.
155. Nccn.org [Internet]. Fort Washington (PA): National Comprehensive Cancer Network, Inc.; Clinical practice guidelines in oncology. [cited 2008 Aug 12]. Available from: <http://www.nccn.org>.
156. Cancer.org [Internet]. New York: American Cancer Society. Breast cancer treatment. [cited 2008 Aug 12]. Available from: <http://www.cancer.org>.
157. Association of Breast Surgery at BASO, Association of Breast Surgery at BAPRAS, Training Interface Group in Breast Surgery, Baildam A, Bishop H, Boland G, et al. Oncoplastic breast surgery - A guide to good practice. *Eur J Surg Oncol* 2007; 33: S1-S23.
158. Peracchia A. Presidential address: Surgical education in the third millennium. *Ann Surg* 2001; 234: 709-712.
159. Dunnington GL, DaRosa DA. Changing surgical education strategies in an environment of changing health care delivery systems. *World J Surg* 1994; 18: 734-7.
160. Silen W. Crisis in surgical education. *J Am Coll Surg* 2001; 193: 514-15.
161. Barnes RW. Surgical handicraft: Teaching and learning surgical skills. *Am J Surg* 1987; 153: 422-7.
162. Silverstein JC. Collaborative exploration of medical data in VR. Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
163. Grosfeld JL. Presidential address. Visions: Medical education and surgical training in evolution. *Arch Surg* 1999; 134: 590-8.
164. Rogers DA, Elstein AS, Bordage G. Improving continuing medical education for surgical techniques: Applying the lessons learned in the first decade of minimal access surgery. *Ann Surg* 2001; 233: 159-66.
165. See WA, Cooper CS, Fisher RJ. Predictors of laparoscopic complications after formal training in laparoscopic surgery. *JAMA* 1993; 270: 2689-92.
166. Barnes RW, Lang NP, Whiteside MF. Halstedian technique revisited: Innovations in teaching surgical skills. *Ann Surg* 1989; 210: 118-21.
167. Scott DJ, Young WN, Tesfay ST, Frawley WH, Rege RV, Jones DB. Laparoscopic skills training. *Am J Surg* 2001; 182: 137-42.
168. Wanzel KR, Matsumoto ED, Hamstra SJ, Anastakis DJ. Teaching technical skills: Training on a simple, inexpensive, and portable model. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109: 258-63.
169. Anastakis DJ, Regehr G, Reznick RK, Cusimano M, Murnaghan J, Brown M, et al. Assessment of technical skills transfer from the bench training model to the human model. *Am J Surg* 1999; 177: 167-70.
170. Rosen JM. Advanced surgical technologies for plastic and reconstructive surgery. *Otolaryngol Clin North Am* 1998; 31: 357-68.

171. Krummel TM. Surgical simulation and virtual reality: The coming revolution. *Ann Surg* 1998; 228: 635-7.
172. Gorman PJ, Meier AH, Krummel TM. Computer-assisted training and learning in surgery. *Comput Aided Surg* 2000; 5: 120-30.
173. Prystowsky JB, Regehr G, Rogers DA, Loan JP, Hiemenz LL, Smith KM. A virtual reality module for intravenous catheter placement. *Am J Surg* 1999; 177: 171-5.
174. Pugh CM, Youngblood P. Development and validation of assessment measures for a newly developed physical examination simulator. *J Am Med Inform Assoc* 2002; 9: 448-60.
175. Noone RB. Presidential address. Beyond competence. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109: 372-9.
176. Sachdeva AK. Use of simulation in surgery: Principles, practices, and future opportunities. Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
177. Folscher DJ, Slater GH, Leroy J, Muttier D, Bailey ME, Marescaux J. WEBS: A European Internet site for surgical teaching. *Br J Surg* 2000; 87: 60-4.
178. The Visible Human Project [Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US); c1999 [updated 2009 Feb 10; cited 2009 Apr 24]. Available from: http://www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html
179. Spitzer V. Stereoscopy and the visible human: A review of our experience with multiple educational levels. Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
180. World Electronic Book of Surgery [Internet]. Strasbourg (France): European Institute of TeleSurgery (EITS); [updated 2009 Apr 24; cited 2009 May 18]. Available from: <http://www.websurg.com/news/videos/index.php>
181. IntuMed: intuitive learning for medicine [Internet]. Harvard (USA): Royal College of Surgeons in Ireland, Harvard Medical International; [cited 2009 March 11]. Available from: http://www.intumed.com/about_us.htm#solution.
182. LA Medica [Internet]. Bath (UK): LA Medica, Ltd.; [cited 2009 March 11]. Available from: <http://www.lamedica.com>
183. Tanaka D, Kobayashi M, Chiyokura H. Web-based educational tool for cleft lip repair using XVL. Proceedings of the 9th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference; 2001 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2002.
184. 3D Human anatomy software [Internet]. London (UK): Primal Pictures, Ltd.; [cited 2009 March 11]. Available from: <http://www.primalpictures.com>
185. Gorman PJ, Meier AH, Krummel TM. Computer-assisted training and learning in surgery. *Comput Aided Surg* 2000; 5: 120-130.
186. Rosser JC, Herman B, Risucci DA, Murayama M, Rosser LE, Merrell RC. Effectiveness of a CD-ROM multimedia tutorial in transferring cognitive knowledge essential for laparoscopic skill training. *Am J Surg* 2000; 179: 320-4.
187. Gorman PJ, Meier AH, Rawn C, Krummel TM. The future of medical education is no longer blood and guts, it is bits and bytes. *Am J Surg* 2000; 180: 353-6.
188. Silverstein JC, Dech F, Edison M, Jurek P, Helton WS, Espat NJ. Virtual reality: Immersive hepatic surgery educational environment. *Surgery* 2002; 132: 274-7.
189. Montgomery K, Sorokin A, Lionetti G, Schendel S. A surgical simulator for cleft lip planning and repair. Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
190. Training Aids for Emergency, Medical and Rescue Personnel [Internet]. New York (USA): Simulaids, Inc.; [cited 2009 Jan 23]. Available from:

[http:// www.simulaid.com/als.htm](http://www.simulaid.com/als.htm)

191. SimSurgery [Internet]. Oslo (Norway): SimSurgery, Inc.; [cited 2009 Jan 23]. Available from: <http://www.simsurgery.com/web/contact>
192. Tendick F, Downes M, Hegarty M, Way LW. A virtual environment testbed for training laparoscopic surgical skills. *Presence* 2000; 9: 236–55.
193. Hanly EJ, Marohn MR, Bacjman SL, Talamini MA, Hacker SO, Howard RS, et al. Multiservice laparoscopic surgical training using the daVinci surgical system. *Am J Surg* 2004; 187: 309–15.
194. Heiland M, Von Sternberg-Gospos N, Pflesser B, Schulze D, Höhne KH, Schmelzle R, et al. Virtual simulation of dental surgery using a 3D computer model with a force feedback system. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2004; 8: 163–6. German.
195. Auer DP, Sendtner P, Schneider G, Auer LM. Evaluation of virtual endoscopy for application in clinical neurosciences. *Elsevier Int Congress Ser* 2002; 1247: 141–51.
196. Cotin S, Stylopoulos N, Dawson S, Ottensmeyer M. CELTS: A clinically-based Computer Enhanced Laparoscopic Training System. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
197. Keeve E, Girod S, Kikinis R, Girod B. Deformable modeling of facial tissue for craniofacial surgical simulation. *Proc Comput Aided Surg* 1999; 3: 228–38.
198. Agarwal R, Bhasin Y, Raghupathi L, Devarajan V. Special visual effects for surgical simulation: Cauterization, irrigation and suction. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
199. Talamini MA, Chapman S, Horgan S, Melvin WS. A prospective analysis of 211 robotic-assisted surgical procedures. *Surg Endosc* 2003; 17: 1521–4.
200. Porro N. An integrated environment for plastic surgery support: building virtual patients, simulating interventions, and supporting intraoperative decisions. *Comp Med Imag Graph* 2005; 29: 385-94.
201. Slotnick HB. How doctors learn: Education and learning across the medical-school-to-practice trajectory. *Acad Med* 2001; 76: 1013-26.
202. Edmond CV Jr, Wiet GJ, Bolger B. Virtual environments. *Surgical simulation in otolaryngology*. *Otolaryngol Clin North Am* 1998; 31: 369-81.
203. Meier AH, Rawn CL, Krummel TM. Virtual reality: Surgical application–challenge for the new millennium. *J Am Coll Surg* 2001; 192: 372-84.
204. Burgert O, Seifert S, Salb T, Gockel T, Dillmann R, Hassfeld S, et al. A VR system supporting symmetry related cranio-maxillofacial surgery. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
205. Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O’Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, et al. Virtual reality training improves operating room performance: Results of a randomized, double-blinded study. *Ann Surg* 2002; 236: 458-63.
206. Watterson JD, Beiko DT, Kuan JK, Denstedt JD. Randomized prospective blinded study validating acquisition of ureteroscopy skills using computer based virtual reality endourological simulator. *J Urol* 2002; 168: 1928-32.
207. Haluck RS, Krummel TM. Computers and virtual reality for surgical education in the 21st century. *Arch Surg* 2000; 135: 786-92.
208. Shah J, Mackay S, Vale J, Darzi A. Simulation in urology: A role for virtual reality? *BJU Int* 2001; 88: 661-5.
209. Hikichi T, Yoshida A, Igarashi S, Mukai N, Harada M, Muroi K, et al. Vitreous surgery simulator. *Arch Ophthalmol* 2000; 118: 1679-81.

210. Matador simulator [Internet]. Oslo (Norway): Telenor, Ltd., Nordunet 2, Ltd.; [updated 2006 Jan; cited 2008 Dec 18]. Available from: <http://www.telenor.no/fou/prosjekter/matador>
211. Halvorsrud R, Hagen S, Fagernes S, Mjelstad S, Romundstad L. Trauma team training in a distributed virtual emergency room. Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
212. Kackro RA, Serra L, Tseng-Tsai Y, Chan C, Yih-Yian S, Gim-Guan C, et al. Planning and simulation of neurosurgery in a virtual reality environment. *Neurosurg* 2000; 46: 118-35.
213. Auer LM, Auer DP. Virtual endoscopy for planning and simulation of minimally invasive neurosurgery. *Neurosurg* 1998; 43: 529-537.
214. Hadani M, Spiegelman R, Feldman Z, Berkenstadt H, Ram Z. Novel, compact, intraoperative magnetic resonance imaging-guided system for conventional neurosurgical operating rooms. *Neurosurg* 2001; 48: 799-807.
215. Nimsky C, Ganslandt O, Hastreiter P, Fahlbusch R. Intraoperative compensation for brain shift. *Surg Neurol* 2001; 56: 357-364.
216. Roth J, Beni-Adani L, Biyani N, Constantini S. Intraoperative 0.12-Tesla portable MRI in pediatric neurosurgery. *Pediatr Neurosurg* 2006; 42: 74-80.
217. Wirtz CR, Knauth M, Staubert A, Bonsanto MM, Sartor K, Kunze S, et al. Clinical evaluation and follow-up results for intraoperative magnetic resonance imaging in neurosurgery. *Neurosurg* 2000; 46: 1112-1120.
218. Sutherland CJ. Practical application of computer-generated three-dimensional reconstructions in orthopaedic surgery. *Orthop Clin North Am* 1986; 17: 651-656.
219. Chao EY, Barrance P, Genda E, Iwasaki N, Kato S, Faust A. Virtual reality (VR) techniques in orthopaedic research and practice. *Stud Health Technol Inform* 1997; 39: 107-114.
220. Sati M, Staübli HU, Bourquin Y, Kunz M, Nolte LP. Real-time computerized in situ guidance system for ACL graft placement. *Comput Aided Surg* 2002; 7: 25-40.
221. Xia J, Ip HH, Samman N, Wong HT, Gateno J, Wang D, et al. Three-dimensional virtual-reality surgical planning and soft-tissue prediction for orthognathic surgery. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2001; 5: 97-107.
222. Wong TY, Fang JJ, Chung CH, Huang JS. Restoration of the temporal defect using laser stereolithography technique. *J Oral Maxillofac Surg* 2002; 60: 1374-6.
223. Binder WJ, Kaye A. Reconstruction of post traumatic and congenital facial deformities with three-dimensional computer-assisted custom-designed implants. *Plast Reconstr Surg* 1994; 94: 775-85.
224. Holck DE, Boyd EM, Ng J, Mauffray RO. Benefits of stereolithography in orbital reconstruction. *Ophthalmology* 1999; 106: 1214-8.
225. Kernan BT, Wimsatt JA. Use of a stereolithography model for accurate, preoperative adaptation of a reconstruction plate. *J Oral Maxillofac Surg* 2000; 58: 349-51.
226. Feichtinger M, Aigner RM, Kärcher H. F-18 positron emission tomography and computed tomography image-fusion for image-guided detection of local recurrence in patients with head and neck cancer using a 3-dimensional navigation system: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 2008; 66: 193-200.
227. Goshen E, Davidson T, Yahalom R, Talmi YP, Zwas ST. PET/CT in the evaluation of patients with squamous cell cancer of the head and neck. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006; 35: 332-6.

228. Stoeckli SJ, Steinert H, Pfaltz M, Schmid S. Is there a role for positron emission tomography with 18F-fluorodeoxyglucose in the initial staging of nodal negative oral and oropharyngeal squamous cell carcinoma. *Head Neck* 2002; 24: 345-9.
229. Castillo E, Lawler LP. Diagnostic radiology and nuclear medicine. *J Surg Oncol* 2005; 92: 191-202.
230. Cartellieri M, Vorbeck F, Kremser J. Comparison of six three-dimensional navigation systems during sinus surgery. *Acta Otolaryngol* 2001; 121: 500-4.
231. Marmulla R, Eggers G, Muhling J. Laser surface registration for lateral skull base surgery. *Minim Invasive Neurosurg* 2005; 48: 181-5.
232. Caversaccio M, Langlotz F, Nolte LP, Häusler P. Impact of a self-developed planning and self-constructed navigation system on skull base surgery: 10 years experience. *Acta Otolaryngol* 2007; 127: 403-407.
233. Martin JA, Regehr G, Reznick R, MacRae H, Murnaghan J, Hutchison C, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg* 1997; 84: 273-8.
234. State A, Keller K, Rosenthal M, Yang H, Ackerman J, Fuchs H. Stereo imagery from the UNC augmented reality system for breast biopsy guidance. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
235. National Institutes of Health [Internet]. Bethesda (MD): NIH Clinical Services; [cited 2008 March 17]. Available from: <http://www.cc.nih.gov/index.html>
236. Computer Science Department at Stony Brook University [Internet]. New York (USA): State University of New York, Viotech Solutions, Ltd.; [cited 2008 March 17]. Available from: <http://www.cs.sunysb.edu/facilities/research/index.html>
237. Lamadé W, Glombitza G, Demiris AM, Cardenas C, Meinzer HP, Richter G, et al. Virtual operation planning in liver surgery. *Chirurg* 1999; 70: 239-245. German.
238. Glombitza G, Lamadé W, Demiris AM, Göpfert MR, Mayer A, Bahner ML, et al. Virtual planning of liver resections: image processing, visualization and volumetric evaluation. *Int J Med Inform* 1999; 53: 225-237.
239. Marescaux J, Clément JM, Tasseti V, Koehl C, Cotin S, Russier Y, et al. Virtual reality applied to hepatic surgery simulation: the next revolution. *Ann Surg* 1998; 228: 627-634.
240. Van Leeuwen MS, Noordzij J, Hennipman A, Feldberg MA. Planning of liver surgery using three dimensional imaging techniques. *Eur J Cancer* 1995; 31: 1212-1215.
241. Ney DR, Fishman EK, Niederhuber JE. Three-dimensional display of hepatic venous anatomy generated from spiral computed tomography data: preliminary results. *J Digit Imaging* 1992; 5: 242-245.
242. Soyer P, Heath D, Bluemke DA, Choti MA, Kuhlman JE, Reichle R, et al. Three-dimensional helical CT of intrahepatic venous structures: comparison of three rendering techniques. *J Comput Assist Tomogr* 1996; 20: 122-127.
243. Lamadé W, Glombitza G, Fischer L, Chiu P, Cárdenas CE Sr, Thorn M, et al. The impact of 3-Dimensional reconstructions on operation planning in liver surgery. *Arch Surg* 2000; 135: 1256-1261.
244. Kalanovic D, Ottensmeyer MP, Gross J, Buess G, Dawson S. Independent testing of soft tissue visco-elasticity using indentation and rotary shear deformations. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
245. Rohrich RJ. The millennium cosmetic surgeon: Who are we? Where are we going? *Plast Reconstr Surg* 2000; 105: 225-6.

246. Knapp RH, Vannier MW, Marsh JL. Generation of three-dimensional images from CT scans: technological perspective. *Radiol Technol* 1985; 56: 391–398.
247. Williams C, Kakadiaris I, Ravi-Chandar K, Patrick C, Miller M. Breast reconstructive surgery: A simulation study. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
248. Munchenberg J, Worn H, Brief J. Intuitive operation planning based on force feedback. *Proceedings of the 8th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2000 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2001.
249. Zhao L, Patel PK, Widera GEO, Harris GF. Development of a computer assisted craniofacial surgery planning system. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
250. Chao EY. International Society for Fracture Repair presidential address: New engineering technology transfer in bone fracture management for the next century. *J Orthop Trauma* 1999; 13: 275-8.
251. Pacifico MD, See MS, Cavale N, Collyer J, Francis I, Jones ME, et al. Preoperative planning for DIEP breast reconstruction: early experience of the use of computerised tomography angiography with VoNavix 3D software for perforator navigation. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008. Epub 2008 Aug 15.
252. Coenen VA, Dammert S, Reinges MH, Mull M, Gilsbach JM, Rohde V. Image-guided microneurosurgical management of small cerebral arteriovenous malformations: the value of navigated computed tomographic angiography. *Neuroradiology* 2005; 47: 66-72.
253. Leong JL, Batra PS, Citardi MJ. Three-dimensional computed tomography angiography of the internal carotid artery for preoperative evaluation of sinonasal lesions and intraoperative surgical navigation. *Laryngoscope* 2005; 115: 1618-23.
254. BurnCase 3D [Internet]. Hagenberg (Germany): RISC Software GmbH, Ltd.; [cited 2009 Jan 09]. Available from: <http://www.burncase.at/>
255. Dirnberger J, Giretzlehner M, Ruhmer M. Modelling human burn injuries in a three-dimensional virtual environment. *Proceedings of the 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference*; 2003 January; Newport Beach (CA), USA. California: IOS Press; 2005.
256. Kovacs L, Zimmermann A, Wawrzyn H, Schwenzer K, Seitz H, Tille C, et al. Computer aided surgical reconstruction after complex facial burn injuries-opportunities and limitations. *Burns* 2005; 31: 85-91.
257. Bernard SL. Reconstruction of the burned nose and ear. *Clin Plast Surg* 2000; 27: 97–112.
258. Gacto P, Barrera F, Sicilia-Castro D, Miralles F, Collell M, Leal S, et al. A three-dimensional virtual reality model for limb reconstruction in burned patients. *Burns* 2008. Epub 2008 Dec 12.
259. Kawabata H, Kawai H, Masada K, Ono K. Computer-aided analysis of Z-plasties. *Plast Reconstr Surg* 1989; 83: 319-25.
260. Digital Imaging and Communications in Medicine [Internet]. Rosslyn (VA): Medical Imaging and Technology Alliance, Ltd.; [cited 2008 May 18]. Available from: <http://medical.nema.org>
261. RadioGraphics [Internet]. Chicago (USA): Radiological Society of North America; [cited 2009 Feb 21]. Available from: <http://radiographics.rsna.org>

262. Harcourt DM, Rumsey NJ, Ambler NR, Cawthorn SJ, Reid CD, Maddox PR, et al. The psychological effect of mastectomy with or without breast reconstruction: a prospective multicenter study. *Plast Reconstr Surg* 2003; 111:1060-8.
263. Anderson SG, Rodin J, Ariyan S. Treatment considerations in postmastectomy reconstruction: their relative importance and relationship to patient satisfaction. *Ann Plast Surg* 1994; 33: 263-70.
264. Rowland JH, Desmond KA, Meyerowitz BE, Belin TR, Wyatt GE, Ganz PA. Role of breast reconstructive surgery in physical and emotional outcomes among breast cancer survivors. *J Natl Cancer Inst* 2000; 92: 1422-9.
265. Medina-Franco H, Vasconez LO, Fix RJ, Heslin MJ, Beenken SW, Bland KI, et al. Factors associated with local recurrence after skin sparing mastectomy and immediate breast reconstruction for invasive breast cancer. *Ann Surg* 2002; 235: 814-9.
266. Suárez C, Acha B, Serrano C, Parra C. Improvement of the virtual reality tool VirSSPA used in planning and optimization of surgical processes. *Proceedings of the Annual Conference of Computer Assisted Radiology and Surgery*; 2008 Jun; Barcelona, Spain. Germany: Springer; 2008.
267. Hofer S, Damen T, Mureau M, Rakhorst H, Roche N. A critical review of perioperative complications in 175 free deep inferior epigastric perforator flap breast reconstructions. *Ann Plast Surg* 2007; 59: 137-142.
268. Lowry JC. Maxillofacial surgery: The economic aspect. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1990; 28: 16-19.
269. Tran NV, Buchel EW, Convery PA. Microvascular complications of DIEP flaps. *Plast Reconstr Surg* 2007; 119: 1397-1405.
270. Chang DW, Wang B, Robb GL, Reece GP, Miller MJ, Evans GR, et al. Effect of obesity on flap and donor-site complications in free transverse rectus abdominis myocutaneous flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2000; 105: 1640-48.
271. Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1981.
272. Lwanga SK, Lemeshow S. *Determinación del tamaño de las muestras en los estudios sanitarios. Manual práctico*. Ginebra: O.M.S.; 1991.
273. Pértega Díaz S, Pita Fernández S. La distribución normal. *Cad Aten Primaria* 2001; 8: 268-274.
274. Hernández Sampieri R, Fernández-Collado C, Baptista Lucio P. *Metodología de la Investigación*. 4th ed. México DF: Mc Graw Hill Interamericana; 2006.
275. Ferrán M. *SPSS para Windows. Análisis estadístico*. 1st ed. Madrid: Mc Graw Hill Interamericana; 2001.
276. Rozen WM, Anavekar NS, Ashton MW, Stella DL, Grinsell D, Bloom RJ, et al. Does the preoperative imaging of perforators with CT angiography improve operative outcomes in breast reconstruction? *Microsurgery* 2008; 28: 516-23.
277. Clavero JA, Masia J, Larrañaga J, Monill JM, Pons G, Siurana S, et al. MDCT in the preoperative planning of abdominal perforator surgery for postmastectomy breast reconstruction. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 191: 670-6.
278. Gacto-Sánchez P, Sicilia-Castro D, Gómez-Cía T, Lagares A, Collell T, Suarez C, et al. Use of a three-dimensional virtual reality model for preoperative imaging in DIEP flap breast reconstruction. *J Surg Research* 2009. Epub 2009 Feb 21.
279. Ferri FF. *Claves diagnósticas y tratamiento*. 2nd ed. Barcelona: Elsevier; 2006. p. 37-39.
280. Masia J. *Planificación preoperatoria de los colgajos de perforantes de la arteria epigástrica inferior profunda (DIEP) mediante el estudio con el TAC de multidetectores [dissertation]*. Barcelona (Spain): Universidad Autónoma de Barcelona; 2008.

- 281.** Lawler LP, Fishman EK. CT angiography with multidetector CT data: Study optimization, protocol design, and clinical applications in the abdomen. *Crit Rev Comput Tomogr* 2002; 43: 77-141.
- 282.** See MS, Pacifico MD, Harley OJH, Francis I, Smith RW, Jones ME. Incidence of "Incidentalomas" in over 100 consecutive CT angiograms for preoperative DIEP flap planning. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008. Epub 2008 Nov 28.
- 283.** Uppal RS, Casaer B, Van Landuyt K, Blondeel P. The efficacy of preoperative mapping of perforators in reducing operative time and complications in perforator flap breast reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009; 62: 859-64. Epub 2008 May 19.
- 284.** Rozen WM, Ashton MW, Stella DL, Phillips TJ, Taylor GI. Stereotactic image-guided navigation in the preoperative imaging of perforators for DIEP flap breast reconstruction. *Microsurgery* 2008; 28: 417-23.
- 285.** Busic V, Das-Gupta R, Mesic H, Begic A. The deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction, the learning curve explored. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006; 59: 580-4.
- 286.** Smit JM, Dimopoulou A, Liss AG, Zeebregts CJ, Kildal M, Whitaker IS, et al. Preoperative CT angiography reduces surgery time in perforator flap reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008. Epub 2008 Jul 31.
- 287.** Chen CM, Halvorson EG, Disa JJ. Immediate postoperative complications in DIEP versus free/muscle-sparing TRAM flaps. *Plast Reconstr Surg* 2007; 120: 1477-82.
- 288.** Howard MA, Mehrara B. Emerging trends in microsurgical breast reconstruction: Deep inferior epigastric artery perforator (DIEP) and the superior gluteal artery perforator (SGAP) flaps. *Int J Surg* 2005; 3: 53-60.
- 289.** Patel SA, Keller A. A theoretical model describing arterial flow in the DIEP flap related to number and size of perforator vessels. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2008; 61: 1316-1320.
- 290.** Masia J, Clavero JA, Larrañaga J, Vives L, Pons G. Preoperative Planning of the Abdominal Perforator Flap with Multidetector Row Computed Tomography: 3 Years of Experience. *Plast Reconstr Surg* 2008; 122: 80e-81e.
- 291.** Cheng MH, Lin JY, Ulusal BG, Wei FC. Comparisons of resource costs and success rates between immediate and delayed breast reconstruction using DIEP or SIEA flaps under a well-controlled clinical trial. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117: 2139-42.
- 292.** Garrioch MA. The body's response to blood loss. *Vox Sanguinis* 2004; 87: 74-6.
- 293.** Lagiera S, Rasal S, García EJ, Sánchez MD, Pardillos C, Sánchez TJ. Actualización de la práctica transfusional entre los anestesiólogos y su impacto en el paciente quirúrgico. *Rev Esp Anestesiología Reanimación* 2003; 50: 498-503.
- 294.** Meiler SE. Long-term outcome after anesthesia and surgery: remarks on the biology of a newly emerging principle in perioperative care. *Anesthesiology* 2006; 24: 255-278.
- 295.** Mondragón CA, García OE, Barroso MA. Factores que favorecen el consumo inapropiado de componentes sanguíneos. *Rev Med IMSS* 2004; 42: 69-74.
- 296.** Sabiston. Principios hematológicos en cirugía. In: Townsend CM, Beauchamp RD, Evers BM, Mattox KL, editors. *Tratado de Cirugía. Fundamentos biológicos de la práctica quirúrgica moderna*. Barcelona: Elsevier Saunders; 2005. p. 132-8.
- 297.** Paige KT, Bostwick J, Bried JT, Jones G. A comparison of morbidity from bilateral, unipedicled and unilateral, unipedicled TRAM flap breast reconstructions. *Plast Reconstr Surg* 1998; 101: 1819-26.
- 298.** Kroll SS, Netscher DT. Complications of TRAM flap breast reconstruction in obese patients. *Plast Reconstr Surg* 1989; 84: 886-92.

- 299.** Berrino P, Campora E, Leone S, Zappi L, Nicosia F, Santi P. The transverse rectus abdominis musculocutaneous flap for breast reconstruction in obese patients. *Ann Plast Surg* 1991; 27: 221-31.
- 300.** Vyas RM, Dickinson BP, Fastekjian JH, Watson JP, DaLio AL, Crisera CA. Risk factors for abdominal donor-site morbidity in free flap breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2008; 121: 1519-1526.
- 301.** Moran SL, Serletti JM. Outcome comparison between free and pedicled TRAM flap breast reconstruction in the obese patient. *Plast Reconstr Surg* 2001; 108: 1954-60.
- 302.** Garvey PB, Buchel EW, Pockaj BA, Casey WJ 3rd, Gray RJ, Hernández JL, et al. DIEP and pedicled TRAM flaps: a comparison of outcomes. *Plast Reconstr Surg* 2006; 117: 1711–1719.
- 303.** Mayr M, Holm C, Hofter E, Becker A, Pfeiffer U, Mühlbauer W. Effects of aesthetic abdominoplasty on abdominal wall perfusion: a quantitative evaluation. *Plast Reconstr Surg* 2004; 114: 1586-94.
- 304.** Hensel JM, Lehman JA Jr, Tantri MP, Parker MG, Wagner DS, Topham NS. An outcomes analysis and satisfaction survey of 199 consecutive abdominoplasties. *Ann Plast Surg* 2001; 46: 357–63.
- 305.** Most D, Kozlow J, Heller J, Shermak MA. Thromboembolism in plastic surgery. *Plast Reconstr Surg* 2005; 115: 1642-43.

13. ACREDITACIONES DEL PROYECTO



Sevilla, 14 de Julio de 2009

D. Carlos Luis Parra Calderón, en calidad de investigador responsable de los proyectos abajo reseñados y financiados por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, declara que Dña. Purificación Gacto Sánchez ha colaborado en el desarrollo de los mismos

Proyectos:

- *“Realidad Virtual aplicada a la Optimización de procesos quirúrgicos”*
(Expediente 47/05)
- *“Realidad Virtual aplicada al entrenamiento de cirujanos”* (Expediente 49/06)
- *“Gestión de Conocimiento integrada en un entorno de Realidad Virtual”*
(Expedientes 316/07 y 44/08)

Fdo: Carlos Luis Parra Calderón
Investigador Responsable de los Proyectos
Hospitales Universitarios Virgen del Rocío

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN VirSSPA

A. Título: Gestión de Conocimiento integrada en un entorno de Realidad Virtual

- Investigador Principal: Carlos Luis Parra Calderón
- Presupuesto: 835.217,3 €(2007) + 396.664,4 €(2008)
- Duración: enero 2007-diciembre 2008
- Entidad financiadora: Consejería de Salud (Junta de Andalucía)
- Solicitante: Fundación Reina Mercedes para la Investigación Sanitaria
- Centro de Realización: Hospitales Universitarios Virgen del Rocío

- Breve descripción: Este proyecto tiene como objetivo el diseño, desarrollo y validación de una herramienta para la gestión del conocimiento integrado en un entorno de realidad virtual. Parte del desarrollo de una herramienta de Realidad Virtual de soporte a la planificación quirúrgica desarrollada en otro proyecto I+D+i de los Hospitales Universitarios “Virgen del Rocío” (VirSSPA), que se pondrá al servicio de nuevas especialidades quirúrgicas, añadiendo para ello nuevas funcionalidades y evaluando su uso e impacto en las Unidades.

El objetivo es diseñar una arquitectura integrada para la explotación del conocimiento, como base a un futuro desarrollo de un sistema integral de ayuda a la toma de decisiones. Se pretende también facilitar el proceso de generación de modelos 3D mediante segmentación automática y el desarrollo de una guía de planificación quirúrgica basada en un sistema de realidad virtual. Se pondrá la realidad virtual al servicio de la identificación de nuevas oportunidades de innovación sanitaria.

B. Título: Realidad Virtual aplicada al entrenamiento de cirujanos

- Investigador Principal: Carlos Luís Parra Calderón
- Presupuesto: 799.542,24€
- Duración: 2006
- Entidad financiadora: Consejería de Salud (Junta de Andalucía)
- Solicitante: Fundación Reina Mercedes para la Investigación Sanitaria
- Centro de Realización: Hospitales Universitarios Virgen del Rocío

- Breve descripción: Mejora del software VirSSPA y adaptación a los requerimientos de los cirujanos para proporcionarles más herramientas para la planificación quirúrgica, que permita la disminución del tiempo de programación de la intervención y disminución del tiempo en quirófano necesario y la mejora de los resultados en dichas intervenciones. Esta herramienta facilitará el entrenamiento y formación de los profesionales sanitarios y será el paso previo a la extensión de estas tecnologías a otras especialidades médicas.



C. Título: Realidad Virtual aplicada a la Optimización de procesos quirúrgicos

- Investigador Principal: Carlos Luís Parra Calderón
 - Presupuesto: 481.334,83 €
 - Duración: 2005
 - Entidad financiadora: Consejería de Salud (Junta de Andalucía)
 - Solicitante: Fundación Reina Mercedes para la Investigación Sanitaria
 - Centro de Realización: Hospitales Universitarios Virgen del Rocío
- Breve descripción: Se busca la optimización del proceso de planificación quirúrgica en intervenciones de cirugía de cabeza y cuello mediante el desarrollo de una herramienta de ayuda a la planificación de intervenciones quirúrgicas. La herramienta (VirSSPA) permite la reconstrucción 3D a partir de los TACs del paciente, y la interacción con el modelo mediante herramientas de diseño gráfico y tratamiento de imágenes 2D y 3D.



Título del proyecto: Realidad Virtual Aplicada a la Optimización de los Procesos Quirúrgicos

Duración: 2 años a realizar durante el segundo semestre de 2005, el año 2006 y el primer semestre de 2007.

Presupuesto: El presupuesto provisional es de 1.9 millones de euros.

Resumen:

Optimización Quirúrgica mediante Realidad Virtual

Los avances que ha sufrido el campo de la tecnología de la información y, dentro del mismo, la Informática Gráfica ha permitido el comienzo de la investigación y desarrollo de entornos virtuales aplicables a diversidad de áreas, incluyendo la medicina. La realidad virtual es la simulación por computadora, dinámica y tridimensional, orientada a la visualización de situaciones y variables complejas, durante la cual el usuario ingresa, a través del uso de sofisticados dispositivos de entrada, a "mundos" que aparentan ser reales, resultando inmerso en ambientes altamente participativos, de origen artificial. El término "Realidad Virtual" supone la existencia de un complejo sistema electrónico para proyectar espacios visuales en 3D y para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario, quien, con un sistema de este tipo, puede sentir que se encuentra inmerso en un "mundo virtual".

En este proyecto se presenta una herramienta para la optimización de procesos quirúrgicos mediante la aplicación de realidad virtual para la planificación de intervenciones quirúrgicas y el entrenamiento de cirujanos. Para mejorar los beneficios obtenidos de la realización del proyecto, se ha dividido su desarrollo en dos módulos: modelización y planificación y simulación.

Para el desarrollo del proyecto se ha formado un equipo de colaboración formado por profesionales de la medicina y especialistas en gestión por procesos (aportados por la Red de Hospitales Públicos de Andalucía) y por técnicos especialistas en el desarrollo de aplicaciones basadas en simulación, visualización y realidad virtual (aportados por la Fundación Alcalá Innova).

Título del proyecto: Realidad Virtual Aplicada al Entrenamiento de Cirujanos

Duración: 1 año.

Resumen:

Entrenamiento de Cirujanos mediante Realidad Virtual

Los avances que ha sufrido el campo de la tecnología de la información y, dentro del mismo, la Informática Gráfica ha permitido el comienzo de la investigación y desarrollo de entornos virtuales aplicables a diversidad de áreas, incluyendo la medicina. La realidad virtual es la simulación por computadora, dinámica y tridimensional, orientada a la visualización de situaciones y variables complejas, durante la cual el usuario ingresa, a través del uso de sofisticados dispositivos de entrada, a "mundos" que aparentan ser reales, resultando inmerso en ambientes altamente participativos, de origen artificial. El término "Realidad Virtual" supone la existencia de un complejo sistema electrónico para proyectar espacios visuales en 3D y para enviar y recibir señales con información sobre la actuación del usuario, quien, con un sistema de este tipo, puede sentir que se encuentra inmerso en un "mundo virtual".

Este proyecto parte de un software, herramienta propiedad del Servicio Sanitario Público Andaluz (SSPA) desarrollado en 2005 para la planificación de operaciones quirúrgicas de cabeza y cuello mediante la visualización y manipulación espacial de modelos tridimensionales reconstruidos a partir de imágenes médicas.

En este nuevo proyecto (*Realidad Virtual Aplicada al Entrenamiento de Cirujanos*) se pretende avanzar en las líneas de investigación abiertas del proyecto *Realidad Virtual Aplicada a la Optimización de Procesos Quirúrgicos* y ampliar el módulo de simulación para desarrollar una herramienta capaz de ser un referente en el entrenamiento de cirujanos, con el fin de mejorar las habilidades quirúrgicas. Dentro del campo de la simulación con realidad virtual se encuentran las tecnologías hápticas (táctiles), en las que el usuario interactúa con la máquina vía el sentido del tacto. Estas tecnologías juegan un papel muy importante es el realismo de la interacción hombre-máquina ya que permiten que el entorno de trabajo sea lo más realista posible, ofreciendo realimentación de fuerzas, fricción y resistencia. Por ello, se hace necesario un estudio detallado de las mismas.

Para el desarrollo del proyecto se ha formado un equipo de colaboración formado por profesionales de la medicina y especialistas en gestión por procesos y tecnología sanitaria (aportados por la Red de Hospitales Públicos de Andalucía) y por técnicos especialistas en el desarrollo de aplicaciones basadas en simulación, visualización y realidad virtual (aportados por la Fundación Alcalá Innova).

1. Datos del proyecto
Título del proyecto: GESTIÓN DE CONOCIMIENTO INTEGRADA EN UN ENTORNO DE REALIDAD VIRTUAL
Entidad solicitante: FUNDACIÓN REINA MERCEDES PARA LA INVESTIGACIÓN SANITARIA
Representante legal: D. JOSE MARÍA DE LA HIGUERA GONZÁLEZ

Descripción del proyecto

RESUMEN

La gestión del conocimiento en las organizaciones es vital para sobrevivir y crecer en un entorno complejo donde la información y su correcta gestión son imprescindibles para su actividad diaria eficiente. Las herramientas gestoras de conocimiento no manipulan el conocimiento, sino que lo capturan, lo organizan, lo almacenan y transforman el material fuente del cual alguien puede adquirir conocimiento. El conocimiento es el resultado de una asimilación y transformación personal.

Por otra parte, el concepto de gestión del conocimiento no alcanza a la gestión de la innovación, entendiéndose como tal a cómo aplicar el nuevo conocimiento para aportar el mayor valor posible a la mejora en la actividad.

En el entorno sanitario actual, los médicos y los responsables de quirófano confían en herramientas de apoyo a la gestión clínica como los sistemas de información de planificación quirúrgica, para optimizar los resultados de los procesos preoperatorios. Estas herramientas facilitan la alineación de los objetivos clínicos con los recursos disponibles, obteniendo como resultado procesos más eficaces.

La realidad virtual, como tecnología, ayuda a desarrollar las facultades creativas de los facultativos en la actividad asistencial. Por tanto, el principal objetivo del proyecto es la gestión del conocimiento a través del desarrollo y mejora de las nuevas herramientas y funcionalidades de la aplicación VirSSPA (Realidad Virtual en Planificación Quirúrgica), así como su implantación en la organización sanitaria. Este objetivo general repercutirá de manera directa en la identificación de nuevas oportunidades de innovación sanitaria.

Para el desarrollo del proyecto se ha formado un equipo de trabajo, compuesto por profesionales de la medicina e investigadores en gestión de la innovación y tratamiento de señales (aportados por los Hospitales Universitarios “Virgen del Rocío” y por la Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Sevilla) y por técnicos especialistas en el desarrollo de aplicaciones basadas en simulación, visualización y realidad virtual (aportados por la Fundación Alcalá Innova).



**ALFONSO MANUEL SOTO MORENO, JEFE DE ESTUDIOS DE
HOSPITALES UNIVERSITARIOS VIRGEN DEL ROCIO, DE
SEVILLA,**

CERTIFICA:

Que a la Dra. D^a. **PURIFICACIÓN GACTO SÁNCHEZ**, actualmente Médico residente de 5^o. Año de la especialidad de **CIRUGÍA PLÁSTICA, ESTÉTICA Y REPARADORA**, de estos Hospitales Universitarios, durante su 4^o. Año de formación, en el curso 2008-2009, le fue adjudicado un Premio-Beca, por un valor total de 2.000 €, para ampliación de estudios en otro Centro Hospitalario, conllevando el mismo la realización de una Memoria de la actividad realizada a plena satisfacción de esta Jefatura de Estudios.

Y para que así conste donde proceda, expido el presente en Sevilla, a siete de Julio de dos mil nueve.



Parte del trabajo realizado en la presente Tesis Doctoral ha proporcionado datos que han contribuido a la presentación de las siguientes comunicaciones y artículos:

Comunicaciones

1. Gacto P, Barrera F, Sicilia-Castro D, Miralles F, Collell M, Leal S, De La Higuera J, Gómez-Cía T. *Cirugía asistida mediante ordenador para la reconstrucción microquirúrgica en quemaduras eléctricas (VirSSPA)*. VI Foro de Investigadores de HHUU Virgen del Rocío y I Claustro del Instituto de Biomedicina de Sevilla-IBIS. Mayo 2008.

2. Gacto P, Gómez-Cía T, Sicilia-Castro D, Leal S, Parra C, De La Higuera J. *Reconstrucción microquirúrgica con tejido autólogo (colgajo DIEAP) tras cáncer de mama (proyecto VirSSPA)*. VI Foro de Investigadores de HHUU Virgen del Rocío y I Claustro del Instituto de Biomedicina de Sevilla-IBIS. Mayo 2008.

3. Gacto P, Barrera F, Sicilia-Castro D, Miralles F, Collell M, Leal S, De La Higuera J, Gómez-Cía T. *Cirugía asistida mediante ordenador para la reconstrucción microquirúrgica tras quemadura eléctrica en miembro superior*. XLIII Congreso Nacional de la SECPRE (Sociedad Española de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora). Zaragoza. Junio 2008.

4. Gacto P, Gómez Cía T, Sicilia-Castro D, Barrera F, Collell M. *Computer aided surgery in plastic and reconstructive microvascular surgery after breast cancer (VirSSPA)*. XLIII Congreso Nacional de la SECPRE (Sociedad Española de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora). Zaragoza. Junio 2008.

5. Gómez-Cía T, Suarez C, Gacto P, Acha B, Leal S, Parra C, De La Higuera J. *Realidad virtual aplicada a la Cirugía Plástica*. Jornadas de Innovación. Colegio de Ingenieros. Sevilla. Octubre 2008.

6. Gacto-Sánchez P. *Modelo 3D de realidad virtual en la planificación prequirúrgica de reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP*. XXI Reunión de la SACPRE

(Sociedad Andaluza de Cirugía Plástica, Estética y Reparadora). El Puerto de Santa María, Cádiz. Octubre 2008.

7. Gómez-Cía T, Gacto-Sánchez P, Sicilia D, Suarez C, Acha B, Serrano C, Parra C, De La Higuera JM. *The virtual reality tool VirSSPA in planning DIEP microsurgical breast reconstruction*. Congreso Internacional Computer Assisted Radiology and Surgery. Berlín, Alemania. Junio 2009.

8. Sicilia Castro D, Collell Chavaría M, Gómez Cía T, Lagares A, Gacto Sánchez P. *Reconstrucción mamaria diferida con colgajo DIEAP*. XXVIII Reunión Nacional de la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria. Sevilla. Junio 2009.

9. Gomez-Cía T, Gacto Sánchez P, Parra C, Suárez C, Leal S, De la Higuera JM. *Reconstrucción mamaria virtual: VirSSPA*. XXVIII Reunión Nacional de la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria. Sevilla. Junio 2009.

10. Suarez Mejías C, Cabral Camacho A, Derlinchán González D, Gómez Cía T, Gacto Sánchez P, Pérez Lorente M, Parra Calderón C, De la Higuera JM. *Sistema integral de gestión del conocimiento de ayuda a la toma de decisiones en el ámbito quirúrgico*. XXIV Reunión Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio. Santander. Septiembre 2009.

Artículos publicados en revistas científicas

11. Gacto P, Barrera F, Sicilia-Castro D, Miralles F, Collell M, Leal S, De La Higuera J, Parra C, Gómez-Cía T. A three-dimensional virtual reality model for limb reconstruction in burned patients. *Burns* 2008. Epub 2008 Dec 12.

12. Gacto-Sánchez P, Sicilia-Castro D, Gómez-Cía T, Lagares A, Collell M, Suarez C, Parra C, Infante-Cossío P, De La Higuera J. Use of a three-dimensional virtual reality model for preoperative imaging in DIEP flap breast reconstruction. *Journal of Surgical Research* 2009. Epub 2009 Feb 21.

13. Gómez-Cía T, Gacto-Sánchez P, Sicilia D, Suarez C, Acha B, Serrano C, Parra C, De La Higuera JM. The virtual reality tool VirSSPA in planning DIEP microsurgical breast reconstruction. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* 2009. Epub 2009 May 1.

14. Gacto-Sánchez P, Sicilia-Castro D, Gómez-Cía T, Lagares A, Collell M, Suarez C, Parra C, Leal S, Infante-Cossío P, De La Higuera J. Computerised tomography angiography with VirSSPA 3D-software for perforator navigation improves perioperative outcomes in DIEP flap breast reconstruction. *Journal of Plastic and Reconstructive Surgery* 2009. Aceptado para publicación el 27 de Julio de 2009.

Capítulos de libro

15. Sandra Leal, Cristina Suárez, Jose Manuel Framiñán, Carlos Parra, Tomás Gómez, Purificación Gacto, Jose María de la Higuera. Virtual reality for supporting surgical planning. *Handbook of Research on Developments in e-Health and Telemedicine: Technological and Social Perspectives*. Aceptado para publicación en Octubre 2008.



'Investigación Biomédica Básica, Clínica y Traslacional en el marco de los Institutos de Investigación Sanitaria'

VI Foro de Investigadores del Hospital Virgen del Rocío.

Primer claustro del Instituto de Biomedicina de Sevilla (IBIS).

Sevilla, 9-10 Mayo 2008

CIRUGÍA ASISTIDA MEDIANTE ORDENADOR PARA LA RECONSTRUCCIÓN MICROQUIRÚRGICA TRAS QUEMADURA ELÉCTRICA EN MIEMBRO SUPERIOR (virSSPA)

Gacto P.^a, Barrera F.^a, Sicilia-Castro D.^a, Miralles F.^a, Collell M.^a, Leal S.^b, De La Higuera J.^b, Gómez-Cía T.^a

^a Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío, Sevilla. España.

^b Grupo de desarrollo tecnológico y de investigación. Dirección de proyectos. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío, Sevilla. España.

Introducción:

Presentamos una aplicación de realidad virtual, llamada “virSSPA”, para la reconstrucción microquirúrgica de miembros tras quemadura eléctrica. El propósito de este programa es reducir el tiempo empleado en la planificación quirúrgica así como el tiempo operatorio y, por lo tanto, los riesgos derivados para el paciente. La realidad virtual ha demostrado mejorar los resultados quirúrgicos y proporcionar a los cirujanos una herramienta realista y fiable para la práctica quirúrgica diaria^{1,2}.

Material y Métodos:

La reconstrucción quirúrgica mediante colgajos microvasculares es poco habitual en quemaduras eléctricas. Debido al significativo incremento en la versatilidad y variabilidad de los colgajos libres que se ha producido en los últimos años, las indicaciones para los procedimientos microquirúrgicos se han ampliado en la cirugía de miembros tras quemadura eléctrica^{3,4}. Hemos tratado recientemente en nuestro servicio un paciente con quemadura eléctrica de alto voltaje en antebrazo derecho (10% SCT), que precisó reconstrucción microquirúrgica con colgajo libre anterolateral de muslo izquierdo. La planificación quirúrgica se realizó con la aplicación virSSPA a partir de imágenes tridimensionales obtenidas del AngioTAC de vasos donantes en el muslo y

receptores en antebrazo y mano derecha.

Resultados:

Se evidenció una total correlación entre el diseño realizado por la herramienta de realidad virtual y los hallazgos clínicos durante la disección del colgajo. La cobertura mediante el colgajo diseñado fue un éxito y el paciente fue dado de alta a los 7 días tras la intervención.

Conclusion:

Muchos procedimientos quirúrgicos, especialmente los de microcirugía reconstructiva, se basan principalmente en la destreza manual y en la experiencia del cirujano. Es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para una mejor planificación quirúrgica siguiendo una metodología minuciosa. La reconstrucción tridimensional permite visualizar detalles anatómicos y funcionales que pueden transferirse al campo quirúrgico reduciendo la incertidumbre, disminuyendo los riesgos para el paciente y mejorando los resultados de los procesos reconstructivos. Consideramos que el uso de virSSPA para la planificación preoperatoria de este caso clínico fue beneficiosa y es, hasta lo que conocemos, la primera referencia de utilización de la realidad virtual aplicada a este tipo de pacientes en la literatura consultada.

Proyecto de Investigación financiado por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía realizado en colaboración con la Fundación Alcalá Innova y la Universidad de Sevilla.

Bibliografía

1. Smith DM, Olikier A, Carter CR, et al. A virtual reality atlas of craniofacial anatomy. *Plast Reconstr Surg.* 120(6):1641-6, 2007.
2. Soler L, Marescaux J. Patient-specific surgical simulation. *World J Surg.* 32(2):208-12, 2008.
3. Ofer N, Baumeister S, Megerle K, et al. Current concepts of microvascular reconstruction for limb salvage in electrical burn injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 60(7):724-30, 2007.
4. Sauerbier M, Ofer N, Germann G, Baumeister S. Microvascular reconstruction in burn and electrical burn injuries of the severely traumatized upper extremity. *Plast Reconstr Surg.* 119(2):605-15, 2007.



'Investigación Biomédica Básica, Clínica y Traslacional en el marco de los Institutos de Investigación Sanitaria'

VI Foro de Investigadores del Hospital Virgen del Rocío.

Primer claustro del Instituto de Biomedicina de Sevilla (IBIS).

Sevilla, 9-10 Mayo 2008

CIRUGÍA ASISTIDA MEDIANTE ORDENADOR PARA LA RECONSTRUCCIÓN MICROQUIRÚRGICA CON TEJIDO AUTÓLOGO (COLGAJO DIEAP) TRAS CÁNCER DE MAMA (virSSPA).

Gacto P.^a; Gómez-Cía T.^a; Sicilia-Castro D.^a; Leal S.^b; De La Higuera J.^b.

^a Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío, Sevilla. España.

^b Grupo de desarrollo tecnológico y de investigación. Dirección de proyectos. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío, Sevilla. España.

Introducción:

El propósito del proyecto virSSPA es reducir el tiempo empleado en la planificación quirúrgica así como el tiempo operatorio y, por lo tanto, los riesgos derivados para el paciente. La realidad virtual ha demostrado mejorar los resultados quirúrgicos y proporcionar a los cirujanos una herramienta realista y fiable para la práctica quirúrgica diaria^{1,2}. Para el desarrollo y validación de esta herramienta se ha creado un equipo multidisciplinar integrado por especialistas en desarrollo de aplicaciones de simulación y realidad virtual y por profesionales médicos.

La incidencia de cáncer de mama aumenta progresivamente en nuestra sociedad y, con ello, la demanda de las diferentes técnicas de reconstrucción mamaria. Son muchos los estudios que avalan los efectos beneficiosos de la reconstrucción en la calidad de vida y en la percepción de la imagen corporal de estas pacientes^{3,4}. Es de obligado cumplimiento para el cirujano plástico la búsqueda de procedimientos reconstructivos que proporcionen el mayor grado de satisfacción de la paciente con el mínimo sufrimiento posible.

Tradicionalmente, la reconstrucción mamaria se ha llevado a cabo utilizando bien tejido autólogo (exceso de grasa abdominal o glúteo) o mediante la colocación de implantes mamarios. A pesar de que la expansión tisular y la reconstrucción mediante implantes es un método excelente para la reconstrucción mamaria, la reconstrucción mediante tejido

autólogo es considerada el “gold standard” para la reconstrucción de la mama en mujeres, logrando un aspecto y una textura muy naturales. El abdomen es una fuente ideal de tejido para la reconstrucción mamaria. La mayoría de las pacientes que presentan cáncer de mama se encuentran en una edad en la que también presentan exceso de piel y grasa abdominal. La grasa posee una textura blanda, es fácil de moldear por el cirujano y se aproxima mucho a la textura y el tacto de la mama normal. Además, una ventaja añadida de una zona donante abdominal para la mayoría de las pacientes es la mejora del contorno abdominal tras la disección del colgajo.

El presente trabajo se ha desarrollado en pacientes reconstruidas mediante el colgajo DIEAP (Deep Inferior Epigastric Artery Flap) cuyo fundamento consiste en la vascularización de un territorio de piel y grasa abdominal por medio de una arteria perforante, que emerge del tronco vascular principal, atravesando la pared abdominal y que puede anastomosarse mediante técnicas microquirúrgicas a los vasos receptores de la mama a reconstruir. Los métodos actuales de localización preoperatoria de esta arteria perforante, básicos para la planificación quirúrgica del colgajo DIEAP, pueden resultar lentos e imprecisos. La reconstrucción tridimensional a partir de un AngioTAC de la pared abdominal reduce las complicaciones de esta técnica quirúrgica⁵.

Objetivos:

Validación clínica de la herramienta virSSPA para planificación prequirúrgica en reconstrucción mamaria con tejido autólogo (DIEAP).

Demostrar que las medidas de las distancias desde las perforantes de la pared abdominal a la referencia del ombligo obtenidas mediante la reconstrucción simulada y la disección quirúrgica son las mismas.

Demostrar que la aplicación de esta herramienta a la planificación quirúrgica puede disminuir los tiempos operatorios.

Hipótesis de trabajo:

La aplicación de la realidad virtual en la planificación quirúrgica facilita la disponibilidad de detalles anatómicos y funcionales de forma previa a la cirugía de tal manera que permite reducir la incertidumbre, disminuye los riesgos que sufre el paciente así como el tiempo operatorio y mejora los resultados finales de los procedimientos quirúrgicos.

Aplicabilidad en el Área de Salud:

El desarrollo tecnológico de este programa permitirá una mejor planificación quirúrgica de las intervenciones siguiendo una metodología detallada. Asimismo puede contribuir a disminuir los tiempos quirúrgicos con la disminución de costes y de riesgos y complicaciones para el paciente intervenido. El fin último es conseguir una mejora de los resultados quirúrgicos de la reconstrucción mamaria con tejido autólogo mediante el colgajo DIEAP.

Proyecto de Investigación financiado por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía realizado en colaboración con la Fundación Alcalá Innova y la Universidad de Sevilla.

Bibliografía

1. Smith DM, Olikar A, Carter CR, et al. A virtual reality atlas of craniofacial anatomy. *Plast Reconstr Surg.* 120(6):1641-6, 2007.
2. Soler L, Marescaux J. Patient-specific surgical simulation. *World J Surg.* 32(2):208-12, 2008.
3. Edsander-Nord A, Brandberg Y, Wickman M. Quality of life, patients' satisfaction, and aesthetic outcome after pedicled or free TRAM flap breast surgery. *Plast Reconstr Surg.* 2001;107(5):1142-53.
4. Giroto JA, Schreiber J, Nahabedian MY. Breast reconstruction in the elderly: preserving excellent quality of life. *Ann Plast Surg.* 2003;50(6):572-8.
5. Bergeron L, et al. A review of vascular injection techniques for the study of perforator flaps. *Plast Reconstr Surg.* 2006;117:2050-57.

CERTIFICO QUE:

Dra. Purificación Gacto Sánchez
Dr. Tomás Gómez Cía
Dr. Fernando Barrera Pulido
Dr. Domingo Sicilia Castro

han participado en el **XLIII CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIRUGÍA PLÁSTICA, REPARADORA Y ESTÉTICA (SECPRE)**, celebrado en Zaragoza los días 19 al 21 de Junio de 2008 con la comunicación oral :

*Cirugía asitida mediante
Ordenador para la reconstrucción microquirúrgica tras
quemadura eléctrica en miembro superior (virSSPA)*



Dr. Miguel Ángel Rodrigo Cucalón
Presidente del Congreso

Madrid, 18-21 de Junio de 2008

CERTIFICO QUE:

Dr. Tomás Gómez Cía
Dra. Purificación Gacto Sánchez
Dr. Domingo Sicilia Castro
Dr. Fernando Barrera Pulido
Dra. M^a Teresa Collell Chavarría

han participado en el **XLIII CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CIRUGÍA PLÁSTICA, REPARADORA Y ESTÉTICA (SECPRE)**, celebrado en Zaragoza los días 19 al 21 de Junio de 2008 con la comunicación oral :

Computer aided surgery in plastic and reconstructive microvascular surgery after breast cancer (virSSPA)



Dr. Miguel Ángel Rodrigo Cucalón
Presidente del Congreso

Madrid, 18-21 de Junio de 2008



**XXI CONGRESO DE LA SOCIEDAD ANDALUZA
DE CIRUGIA PLASTICA, REPARADORA Y ESTETICA
EL PUERTO DE SANTA MARIA, OCTUBRE 2008**

El Comité Organizador Certifica que:

D./Dña. *Purificación Gacto Sánchez*

ha participado como Ponente con la Comunicación:

*Modelo tridimensional de realidad virtual en la planificación prequirúrgica de
reconstrucción mamaria con colgajo DIEAP*

En el XXI Congreso de la Sociedad Andaluza de Cirugía Plástica, Reparadora y Estética,
celebrado en El Puerto de Santa María, en Octubre de 2008

El Puerto de Santa María, 17 y 18 de Octubre

El Presidente del Comité Organizador

Dr. D. Javier Freganal García



CMI



CERTIFICATE OF ATTENDANCE

I hereby certify that

Purificación Gacto-Sanchez

attended the

23rd International Congress

on

Computer Assisted Radiology and Surgery

held on June 23 - 27, 2009
at the Hotel Estrel, Berlin, Germany

Prof. Heinz U. Lemke
CARS 2009 Organizer

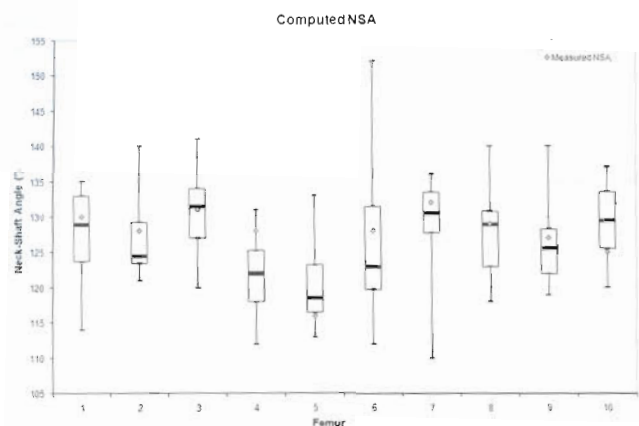


Fig. 2 Box and whisker plot of computed NSA across the four surgeons for the ten cadaveric femora. NSA measured by radiograph denoted by grey diamond

cases. While an oversized implant may reduce the risk of femoro-acetabular impingement, it also leads to greater resection of acetabular bone stock. Conversely, an undersized implant may lead to notching of the neck during reaming preparation as well as an increased likelihood of impingement. In cadaveric registration, the mean absolute difference between the measured and computed NSA was 5.4° (SD 4.4° , range 22° varus to 24° valgus) (Fig. 2). The average difference in computed NSA between multiple registrations of a femur by a single surgeon was 5.5° (SD 4.3° , range 0 – 29°). Of the 120 registrations performed by the four surgeons, only 46 suggested the correct implant size identified by use of the neck gauge. The remainder of registrations oversized estimation of the implant size, with six oversizing the correct implant by two full sizes. Cadaveric registration provided a low level of repeatability in computed NSA (ICC = 0.131) and estimated implant size ($\kappa = 0.155$).

Conclusion

Several mechanical factors have been identified and demonstrated to predispose the resurfaced femur to premature failure including femoral neck notching and varus implant alignment. With the use of navigation, the aim is to minimize the occurrence of these preparatory errors, however, the likelihood of these risk factors being introduced during femoral head preparation is increased with erroneous data generated by the navigation system. Underestimation of implant size and neck-shaft angle by the navigation system may lead to femoral neck notching and varus implant alignment. Prudent pre-operative planning must be used in conjunction with imageless navigation as it appears that misleading information may be registered intra-operatively and could potentially lead to femoral head malpreparation and ultimately diminished surgical outcomes.

The virtual reality tool VirSSPA in planning DIEP microsurgical breast reconstruction

Gómez-Cría T.¹, Gacto-Sánchez P.¹, Sicilia D.¹, Suárez-Mejías C.^{2,3}, Acha B.³, Serrano C.³, Parra C.², De La Higuera J²

¹Unidad de Gestión Clínica de Cirugía Plástica y Reconstructiva y Unidad de Quemados. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío de Sevilla, Spain

²Grupo de Innovación Tecnológica. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío de Sevilla, Spain

³Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Sevilla, Spain

Keywords CT images · Surgical planning · Computer assisted surgery · Reconstructive surgical procedures · Microsurgery

Purpose

The increased use of the perforator flaps has raised the need for preoperative familiarity with an individual's particular anatomical features of the deep inferior epigastric artery and its perforating branches, especially when there is such a significant variation in the anatomy of the vascular supply to the abdominal wall [1–3]. Preoperative knowledge of perforator location and course can permit improved flap design and reliability, surgical safety and planning of the incision.

In the case of preoperative planning of DIEP, the CTA is considered the “gold standard”, although very few hospitals use it. Specifically, it is a commercial system, which cannot be modeled or changed in order to adapt it to specific cases.

The novelty of this paper relies on the use of a virtual reality tool developed in our Hospital (funding by the Andalusian Health Care System, Spain) in preoperative planning of DIEP flaps (Fig. 1). The use of this virtual reality tool called VirSSPA enables physicians to plan the surgery in advance based on the 3D reconstruction of the patient.

We have performed 12 cases using VirSSPA application and present the results in this paper. The aim of the study was to evaluate the role of this application in the preoperative evaluation of the vascular supply to the abdominal wall compared with operative findings, considered the standard for the purposes of this analysis.

Methods

We recruited 12 consecutive patients planned for an elective DIEP flap for breast reconstruction. Each patient underwent preoperative imaging of the anterior abdominal wall vasculature with both conventional CTA and VirSSPA 3D reconstruction. Imaging findings were compared to operative findings (Fig. 2).

Results

3D reconstruction of the abdominal wall with VirSSPA demonstrated a significant good correlation with perforator location compared to operative findings, showing an average error rate of 0.228 cm (95%

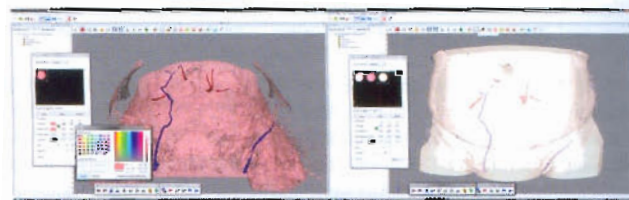


Fig. 1 3D abdominal wall model with textures and transparencies assigned by VirSSPA application

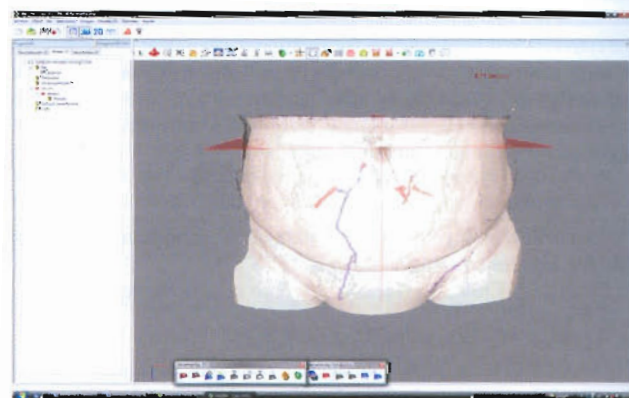


Fig. 2 Measurements of the distance between the exact perforator emergence location and the umbilicus in the 3D abdominal wall reconstruction

CI, 0.17–0.30). The Pearson product–moment correlation coefficient was found to be 0.99 ($P = 0.01$), reflecting an almost linear relationship between the two distances, intraoperative and the one measured in the 3D reconstruction.

Conclusion

VirSSPA changes the usual procedure for harvesting the DIEP flap in our clinical practice because there is no need to assess the value of the perforators by careful dissection and intraoperative selection of the more suitable ones, without seeing them first, as performed previously. This fact results in reduced amount of stress for the surgeon as well as in decreased operative time and risks for the patient.

VirSSPA provides additional and potentially more accurate data over conventional CTA with regard to the site of the best perforators and its course through the muscle for DIEP micro vascular surgery.

References

- [1] Boyd JB, Taylor GI, Corlett RJ (1984) The vascular territories of the superior epigastric and deep inferior epigastric systems. *Plast Reconstr Surg* 73:1
- [2] Taylor GI, Corlett RJ, Boyd JB (1984) The versatile deep inferior epigastric (inferior rectus abdominis) flap. *Br J Plast Surg* 37:330
- [3] Vandevort M, Vranckx JJ, Fabre G (2002) Perforator topography of the deep inferior epigastric perforator flap in 100 cases of breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 109:1912

Feasibility of a real-time virtual reality navigation system utilizing open magnetic resonance imaging for safe and accurate excision of breast tumor

M. Tomikawa¹, J. Hong¹, K. Konishi¹, M. Higashi¹, S. Ieiri¹, K. Tanoue¹, S. Shiotani¹, E. Kitao¹, Y. Maehara¹, M. Hashizume¹
¹Kyushu University, Fukuoka, Japan

Keywords Open MRI · Virtual reality · Breast tumor
Purpose

Usually a breast tumor is excised along the demarcation line with dye which is made just before excision by percutaneous injection under real-time navigation of ultrasonography. When a breast tumor is difficult to detect with palpation and ultrasonography, safe and accurate excision for a breast tumor may not be achieved. In Kyushu University Hospital, an open magnetic resonance imaging (open MRI) therapeutic room was established in 2005. This room is equipped with magnetic resonance (MR)-compatible instruments, such as surgical bed, surgical lights, ventilator, display monitor, and vital monitoring system, so that surgeries can be performed even under general anesthesia. Recently, in the open MRI therapeutic room, we experienced two cases with a left breast tumor which was excised using the real-time virtual reality (VR) navigation system utilizing open MRI. We report here an evaluation of the navigation system during an excision of breast tumor.

Methods

Table 1 indicates the bibliographic data of the two patients. It was difficult to detect the two tumors with palpation, mammography and ultrasonography. Only MR image revealed the tumors clearly. Ductal carcinoma in situ was highly suspected as diagnoses. An excision of

Table 1 The bibliographic data of the two patients

Patient	Age/gender	Chief complaint	Preoperative diagnosis
#1	59/F	A bloody nipple discharge of the left breast	Ductal carcinoma in situ
#2	55/F	None (detected with medical check)	Ductal carcinoma in situ

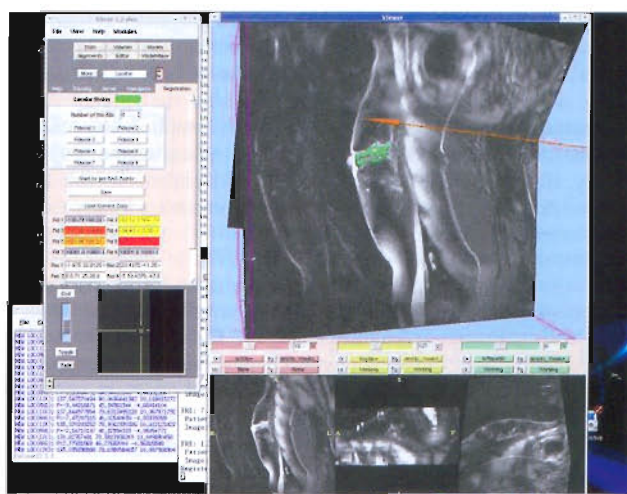


Fig. 1 Virtual MR images reflecting the same slice as the puncture line. Green a breast tumor; red a needle and a puncture line

the tumor was, therefore, scheduled for a diagnosis and treatment. In the open MRI therapeutic room with the patient in supine position, a general anesthesia was performed. Then the patient was moved to left semi-decubitus position so that an adequate quality of MR image was acquired. An initial MR image scan was performed just before excision using a 0.4-T open MRI (Aperto, Hitachi Medico., Tokyo, Japan) to image a breast tumor and 6–9 skin-affixed multimodality markers (Chiyoda Technology, Tokyo, Japan), which are employed for paired point registration between the patient and the MR images using the Polaris optical tracking system (NDI, ON, Canada). Registration involves a matching process between patient coordinates and image coordinates. After registration, the coordinates of skin-affixed markers are transformed into the coordinates in the MR image space. The Polaris-based coordinate of each marker was obtained by pointing out the markers on the patient's body using a probe that reflects infrared rays. Fiducial registration error (FRE) is a root-mean square error between original marker positions and transformed marker positions in MR images. When the coordinates of the markers are presented in a random order, FRE are computed, and the best pairs that produce minimum FRE are determined automatically. For registration between real-time puncture needle image and the precaptured MR images, the free navigation software, 3D Slicer (developed by the Artificial Intelligence Laboratory of the Massachusetts Institute of Technology and by Brigham & Women's Hospital, a teaching affiliate of Harvard Medical School), was customized. It generates a three-dimensional (3D) model of tumors, vessels, and other volume of interest in patient body. Markers that reflect the infrared rays were attached to a syringe with a puncture needle. Using the Polaris optical tracking system, real-time virtual MR images reflecting the same slice as the puncture line could be reconstructed (Fig. 1). During percutaneous injection of dye in the syringe to make a demarcation line of the tumor, needle and tumor were simultaneously displayed on the monitor. A 3D volume-rendering image constructed from MR volume data using an image analysis workstation, Virtual Place Raijin (AZE, Tokyo, Japan), was also displayed on the monitor. Thereafter, excision of the tumor was performed under a guidance of the demarcation line with the injected dye. Immediately after excision, MR image scan was performed again to evaluate the excised area.

Results

MR images integrated with needle image were displayed for navigation and the percutaneous punctures were successful. MR images enabled lesion visualization, and accurate puncture of the needle

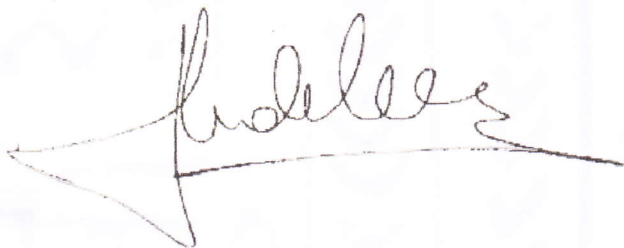
Certifica que el Dr. /Dra.:

Purificación Gacto Sánchez

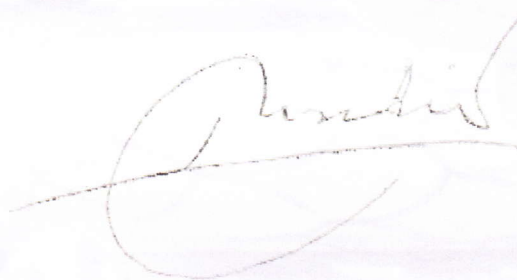
Ha participado como co-autora en la ponencia del *Curso Pre-congreso Cirugía oncológica* en el marco de la **“XXVIII Reunión de la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria”**, celebrada en Sevilla durante los días 17, 18 y 19 de junio de 2009, con el título:

“Reconstrucción mamaria diferida con DIEAP”

Sevilla, 19 de junio de 2009



Dr. José M. de León Carrillo
Presidente Comité Organizador



Dr. Luis Madrid Rondón
Secretario Comité Organizado



REUNIÓN DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA
DE SENOLOGÍA Y PATOLOGÍA MAMARIA

SEVILLA 17 AL 19 DE JUNIO DE 2009



Sociedad Española
de Senología y Patología Mamaria

Certifica que el Dr. /Dra.:

Purificación Gacto Sánchez

Ha participado como co-autora en la ponencia del *Curso Pre-congreso Cirugía oncoplástica* en el marco de la **“XXVIII Reunión de la Sociedad Española de Senología y Patología Mamaria”**, celebrada en Sevilla durante los días 17, 18 y 19 de junio de 2009, con el título:

“Reconstrucción mamaria virtual: VirSSPA”

Sevilla, 19 de junio de 2009

Dr. José M. de León Carrillo
Presidente Comité Organizador

Dr. Luis Madrid Rondón
Secretario Comité Organizado

Sistema integral de gestión del conocimiento de ayuda a la toma de decisiones en el ámbito quirúrgico

Cristina Suárez Mejías⁽¹⁾, Armando Cabral Camacho⁽²⁾, Daniel Derlinchán González⁽³⁾, Tomás Gómez Cía.⁽⁴⁾, Purificación Gacto Sánchez⁽⁴⁾, Manuel Pérez Lorente⁽⁵⁾, Carlos Parra Calderón⁽¹⁾, José María de la Higuera González⁽⁶⁾.

Cristina.suarez.exts@juntadeandalucia.es, acabral@h-tecnologia.com, dderlinchan@complejoideal.com,
tomas.gomez.sspa@juntadeandalucia.es, purigacto@gmail.com, mangel.perez.sspa@juntadeandalucia.es,
carlos.parra.sspa@juntadeandalucia.es jmaria.higuera.sspa@juntadeandalucia.es

⁽¹⁾ Grupo de Innovación Tecnológica Hospitales Universitarios “Virgen del Rocío” Sevilla, Avda. Manuel Siurot s/n Cp 41013

⁽²⁾ Ingeniero Informático, responsable de proyectos de Hispalense de Nuevas Tecnologías. C/Juan Herrera Sánchez, 7, Gines, Sevilla.

⁽³⁾ Ingeniero Informático de la Fundación Alcalá Innova. Autovía Sevilla-Málaga km. 6,3

⁽⁴⁾ Unidad Gestión Clínica de Cirugía y Grandes Quemados Hospitales Universitarios” Virgen del Rocío” Sevilla, Avda Manuel Siurot s/n CP 41013

⁽⁵⁾ Supervisor técnico unidad de Radiología Hospitales Universitarios” Virgen del Rocío” Sevilla, Avda Manuel Siurot s/n CP 41013

⁽⁶⁾ Director de proyectos Hospitales Universitarios” Virgen del Rocío” Sevilla, Avda Manuel Siurot s/n CP 41013

Abstract- In the present paper we present the knowledge Management System based on Virtual Reality developed in our hospital, which allow surgeons to plan the virtual surgical intervention by means of VirSSPA, to store and share the generated knowledge. This system is very important for the sanitary organization since the surgeons are helped in decision taking. The system has been made with Java language and it is composed by two equipments: REGSSPA Server and REGSSPA Client. Also, it interacts with other systems as PACS Server, Data Base Server, FTP Server, LDAP Server and VirSSPA. In this system the interoperability, security and accessibility are insured.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión del conocimiento en las organizaciones sanitarias requiere respuestas rápidas y adecuadas a las necesidades y demandas del mercado. El aprendizaje continuo de los profesionales de la salud les dota de la capacidad de poder enfrentarse a nuevas situaciones. En este sentido, las estrategias educacionales han ocupado un papel importante dentro de las herramientas técnicas con la que se enfrentan los problemas referidos a la atención de la salud en la población. Sin embargo el aumento de la información científica necesaria para la toma de decisiones hace difícil la utilización de la información por parte del profesional. Los sistemas de ayuda a la toma de decisiones son la forma más eficaz de estrechar la brecha entre conocimiento y práctica médica, proporcionando la información necesaria “just in time” y “just in case” [2]. Diferentes han sido los intentos por proporcionar e incorporar este tipo de sistemas en la práctica clínica, pero pocos han sido los resultados. En este artículo presentamos un sistema integral de gestión del

conocimiento aplicado a la cirugía, que permite la ayuda a la toma de decisiones desarrollado por los Hospitales Universitarios “Virgen del Rocío” de Sevilla (HUVR en adelante).

Como paso previo a dicho sistema integral, el proyecto VirSSPA arranca en los Hospitales Universitarios “Virgen del Rocío” en el año 2005. Su objetivo fue el diseño, implementación y pilotaje de una Herramienta de Realidad Virtual denominada “VirSSPA, destinada a la planificación y optimización de los procesos quirúrgicos”. En dicha herramienta, se pueden realizar tareas de tratamiento de imágenes radiológicas en formato estándar DICOM (Digital Images and Communication in Medicine) y mediante algoritmos de segmentación basados en métodos de crecimiento de regiones por semilla y umbrales [3, 4] diseñados por los investigadores del proyecto permiten generar en 3D del tejido seleccionado mediante la metodología de reconstrucción Marching Cubes [5]. Una vez generados los modelos correspondientes a los tejidos del paciente, el usuario de la aplicación realiza la planificación e intervención del paciente de modo virtual. Con este método se permite al cirujano optar por la solución más óptima, permitiendo adelantarse a posibles eventos adversos que toda intervención conlleva. A diferencia de otras aplicaciones la planificación es personalizada, puesto que tienen su origen en las imágenes radiológicas del propio paciente. No se requieren imágenes adicionales sino que se utiliza el mismo estudio (TAC, RM, etc.) que el facultativo previamente ha prescrito para un diagnóstico preliminar, por lo que con este método se obtendría información relevante de alta importancia para los procesos quirúrgicos que hasta ahora no

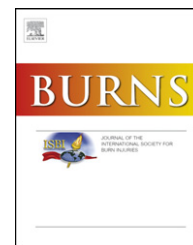
El 8 de junio de 2009 13:41, <info@ursi2009.org> escribió:

Hola Cristina Suárez,

Te informamos que el artículo Sistema integral de gestión del conocimiento de ayuda a la toma de decisiones en el ámbito quirúrgico ha sido **CALIFICADO ACEPTADO** por un coordinador en el tópico Aplicaciones Biomédicas.

Podrás ver los datos del artículo accediendo a tu cuenta.

http://www.ursi2009.org/mi_cuenta.php

available at www.sciencedirect.comjournal homepage: www.elsevier.com/locate/burns

Case report

A three-dimensional virtual reality model for limb reconstruction in burned patients

P. Gacto^{a,*}, F. Barrera^a, D. Sicilia-Castro^a, F. Miralles^a, M. Collell^a,
S. Leal^b, J. De La Higuera^b, C. Parra^b, T. Gómez-Cía^a

^aPlastic and Reconstructive Surgery Department, University Hospitals Virgen del Rocío, Sevilla, Spain

^bTechnological Development and Investigation Group, Project Direction, University Hospitals Virgen del Rocío, Sevilla, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Accepted 1 September 2008

1. Introduction

Electrical burns are a common cause of injuries. Despite many developments in the treatment of high-tension electrical burns, this type of injury still shows high-morbidity rates. Recently, the use of free flaps for reconstruction in burned patients has increased due to advances in the field of microvascular free tissue transplantation [1]. Free flaps have reached a high level of sophistication. For instance, re-expanded flaps, composite tissue flaps, fascial flaps, multiple autologous flap transplantations and combined flaps ("chimeric flaps") based on a single vascular pedicle have been performed in patients with severe burns and large defects in extremities [2].

Traditional methods of learning have helped generations of surgeons to familiarize themselves with flaps anatomy. Nevertheless, even texts with the highest level of accuracy and image quality are limited by the two-dimensional nature of printed material, which cannot impart three-dimensional (3D) views. Video material is similarly limited as to deliver a 3D experience. Another restriction of most traditional methods for the study of anatomy relates to the lack of interactivity and feedback. As a supplement to the knowledge gained from books and observation, cadaver dissections can play an

important role in mastering anatomy. Unfortunately, however, their limited availability and high cost severely conditions this alternative in most teaching institutions. Even when cadavers are available, learning from cadaver dissection may be limited by poorly delineated anatomical structures and altered dissection planes due to chemical preservatives as well as by the relatively brief time spent in the dissection laboratories. The 3-dimensionally complex interplay of soft tissue, vessels and bony elements makes difficult the mastery of free flaps anatomy, and conventional methods to learn this anatomy often involve a steep learning curve. Computerized models and virtual reality applications are being used to facilitate teaching in a number of other complex anatomical regions, such as the human temporal bone and pelvic floor as well as in severe facial burn injuries undergoing reconstructive procedures [3–6]. In this study we present a 3D virtual reality model of a free flap in microvascular reconstruction for the forearm and hand in electrical burn injury.

2. Case report

A 34-year-old heavy industry worker presented with a history of third-degree electrical burn that caused a large wound over

* Corresponding author at: Rehabilitación y Traumatología Hospital, Plastic and Reconstructive Surgery Department, University Hospitals Virgen del Rocío, Avd/Manuel Siurot s/n, 41013 Sevilla, Spain. Tel.: +34 954 701113.

E-mail address: purigacto@gmail.com (P. Gacto).

0305-4179/\$34.00 © 2008 Elsevier Ltd and ISBI. All rights reserved.

doi:10.1016/j.burns.2008.09.005

Use of a Three-Dimensional Virtual Reality Model for Preoperative Imaging in DIEP Flap Breast Reconstruction¹

Purificación Gacto-Sánchez, M.D.,^{*,2} Domingo Sicilia-Castro, M.D., Ph.D.,^{*} Tomás Gómez-Cía, M.D., Ph.D.,^{*} Araceli Lagares, M.D.,^{*} Teresa Collell, M.D.,^{*} Cristina Suárez, D.B.D.I.,[†] Carlos Parra, D.B.D.I.,[†] Pedro Infante-Cossío, M.D., Ph.D.,^{*} and Jose María De La Higuera, M.B.B.S.[†]

^{*}Plastic and Reconstructive Surgery Department, University Hospitals Virgen del Rocío, Sevilla, Spain; and [†]Technological Development and Investigation Group, Project Direction, University Hospitals Virgen del Rocío, Sevilla, Spain

Submitted for publication November 12, 2008

Background. The significant variation in the vascular anatomy of the abdominal wall makes preoperative imaging essential when raising a deep inferior epigastric artery perforator (DIEP) flap due to the potential for maximizing operative success, reducing intraoperative error and minimizing operative complications. Computerized models and virtual reality applications are being used to facilitate teaching and preoperative evaluation in a number of other complex anatomical regions. The variability in perforator anatomy makes DIEP flap surgery a suitable candidate for application of such technology. In this context, a study was undertaken to determine the feasibility of computed tomography angiography (CTA)-guided *VirSSPA* three-dimensional (3D) software for virtual reality navigation in DIEP flap surgery and to compare findings with operative measurements.

Materials and Methods. We recruited 12 consecutive patients planned for an elective DIEP flap for breast reconstruction. Each patient underwent preoperative imaging of the anterior abdominal wall vasculature with both conventional CTA and *VirSSPA* 3D reconstruction. Imaging findings were compared with operative findings.

Results. In all cases, the major perforators were accurately localized using both methods. 3D reconstruction of the abdominal wall with *VirSSPA* demonstrated a significant good correlation with perforator location compared with operative findings, showing an average error rate of 0.23 cm (95% CI, 0.17–0.30).

¹ Part of this study was presented at the 43rd Annual Meeting of the Spanish Association of Plastic Surgeons (SECPRE), Zaragoza, Spain, June 2008.

² To whom correspondence and reprint requests should be addressed at Plastic and Reconstructive Surgery Department, University Hospitals Virgen del Rocío, Avenida Manuel Siurot s/n. 41013, Sevilla, Spain. E-mail: purigacto@gmail.com.

Conclusion. In short, the main advantage of *VirSSPA*, when used in conjunction with an image assessment such as CTA, is to provide additional and potentially more accurate data over conventional CTA with regard to the site of the best perforators and its course through the muscle. © 2009 Elsevier Inc. All rights reserved.

Key Words: computer assisted surgery; reconstructive surgical procedures; microsurgery.

INTRODUCTION

The increased use of perforator flaps has raised the need for preoperative familiarity with an individual's particular anatomical features of the deep inferior epigastric artery and its perforating branches, especially when there is such a significant variation in the anatomy of the vascular supply to the abdominal wall [1–3].

Plastic and reconstructive surgery is well suited for image-guided techniques, particularly in the domain of perforator flaps, since preoperative awareness of perforator location and course can permit improved flap design and reliability, operative safety, and planning of the incision. Furthermore, it might reduce intraoperative decision-making (such as deciding which perforator to use), thus potentially contributing to a significant reduction in operative time.

Ultrasound, computed tomography angiography (CTA), and magnetic resonance angiography (MRA) have been described in the literature as showing benefit for perforator mapping [4–12]. Unidirectional Doppler sonography is the most common instrument for preoperative location of individual vessels because it is

The virtual reality tool VirSSPA in planning DIEP microsurgical breast reconstruction

T. Gómez-Cía · P. Gacto-Sánchez · D. Sicilia ·
C. Suárez · B. Acha · C. Serrano · C. Parra ·
J. De La Higuera

Received: 10 January 2009 / Accepted: 14 April 2009
© CARS 2009

Abstract

Background The significant variation in the vascular anatomy of the abdominal wall makes preoperative imaging essential when raising a DIEP (deep inferior epigastric artery perforator) flap due to the potential for maximizing operative success, reducing intraoperative error and minimizing operative complications. Variability in perforator anatomy makes DIEP flap surgery a suitable candidate for computer and virtual reality bio models. In this context, a study was undertaken to determine the feasibility of CTA-guided by VirSSPA application. VirSSPA is a virtual reality tool developed in our Hospital for surgical planning and training. This application allows surgeons to generate the three-dimensional (3D) model of the patient.

Objective In this paper, we present a study about VirSSPA tool for virtual reality navigation in DIEP flap surgery and compare findings with operative measurements.

Methods We recruited 12 consecutive patients planned for an elective DIEP flap for breast reconstruction. Each patient underwent preoperative imaging of the anterior abdominal wall vasculature with both conventional CTA and VirSSPA

3D reconstruction. Imaging findings were compared to operative findings.

Results 3D reconstruction of the abdominal wall with VirSSPA demonstrated a significant good correlation with perforator location compared to operative findings, showing an average error rate of 0.228 cm (95% CI, 0.17–0.30). The Pearson product–moment correlation coefficient was found to be 0.99 ($p = 0.01$), reflecting an almost linear relationship between the two distances, intraoperative and the one measured in the 3D reconstruction.

Conclusion VirSSPA provides additional and potentially more accurate data over conventional CTA with regard to the site of the best perforators and its course through the muscle for DIEP micro-vascular surgery.

Keywords CT images · Surgical planning · Computer-assisted surgery · Reconstructive surgical procedures · Microsurgery · DIEP breast reconstruction

Introduction

In the DIEP flap procedure the surgery uses the patient's own abdominal tissue to reconstruct a natural, soft breast after mastectomy without damaging any abdominal muscle. Only abdominal skin and fat are removed. The blood vessels (perforators) required to keep the skin and fat alive lie just beneath or within the abdominal muscle. After the skin, tissues and perforators (collectively known as the flap) have been dissected, the tissue is transplanted and connected to the patient's chest using microsurgery. Many women who undergo this operation enjoy the added benefit of a flatter abdomen with results that mimic a "tummy tuck" procedure. The increased use of the perforator flaps has raised the need for preoperative familiarity with an individual's

T. Gómez-Cía (✉) · P. Gacto-Sánchez · D. Sicilia
Unidad de Gestión Clínica de Cirugía Plástica y Reconstructiva y
Unidad de Quemados, Hospitales Universitarios Virgen del Rocío
de Sevilla, Avda Manuel Siurot, s/n. 41013 Seville, Spain
e-mail: tomas.gomez.sspa@juntadeandalucia.es;
tgomez@gmail.com

C. Suárez · C. Parra · J. De La Higuera
Grupo de Innovación Tecnológica, Hospitales Universitarios
Virgen del Rocío de Sevilla, Avda Manuel Siurot,
s/n. 41013 Seville, Spain

C. Suárez · B. Acha · C. Serrano
Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Camino de los
Descubrimientos, s/n. 41092 Seville, Spain

Computerised tomography angiography with VirSSPA 3D-software for perforator navigation improves perioperative outcomes in DIEP flap breast reconstruction.

Purificación Gacto-Sánchez, M.D.^a; Domingo Sicilia-Castro, M.D. Ph.D^a; Tomás Gómez-Cía, M.D. Ph.D^a; Araceli Lagares, M.D.^a; Teresa Collell, M.D.^a; Cristina Suárez, D.B.D.I.^b; Carlos Parra, D.B.D.I.^b; Sandra Leal, D.B.D.I.^b; Pedro Infante-Cossío, M.D. Ph.D^a; Jose María De La Higuera, M.B.B.S.^b

^a *Plastic and Reconstructive Surgery Department. Virgen del Rocío University Hospitals, Sevilla. Spain.*

^b *Technological Development and Investigation Group. Project Direction. Virgen del Rocío University Hospitals, Sevilla. Spain.*

ABSTRACT

Background: Vascular anatomy of the abdominal wall varies greatly, especially in the case of the perforator branches of the deep inferior epigastric artery. Preoperative three-dimensional (3D) reconstructions with VirSSPA software have been used in our centre since the year 2007 for the planning of perforator flaps in breast reconstruction. The main objectives were to reduce surgery time and the number of complications.

Methods: A comparative study was conducted in 70 patients subjected to delayed breast reconstruction based on unilateral deep inferior epigastric perforator (DIEP) flaps. Half of the patient group underwent preoperative imaging with CTA-guided VirSSPA reconstruction while the other half was subjected to preoperative Doppler ultrasound for perforator mapping. Operation time ranges, lengths of stay, and operative complications were assessed.

Results: The use of VirSSPA preoperative planning correlated with operative times reduced by a mean of 2 h and 8 min. In addition, a statistically significant reduction (>45%) in the incidence of any flap-related complications was observed in patients undergoing preoperative CTA-VirSSPA reconstruction as well as a decrease above 50% in overall donor site morbidity. The use of CTA-guided VirSSPA 3D reconstruction was found to be a protective factor against developing any kind of complication after DIEP flap surgery (OR, 0.03; 95% CI, 0.006-0.15).

Conclusions: CTA-guided VirSSPA 3D reconstruction in the assessment of perforator flaps was proved to be safe and reliable. The main benefits of this technique were to reduce surgery time and the number of complications.

Keywords; perforator flap, preoperative planning, computer assisted surgery, reconstructive surgical procedures, microsurgery.

RE: PRS-D-09-00917R1, entitled "Computerised tomography angiography with VirSSPA 3D-software for perforator navigation improves perioperative outcomes in DIEP flap breast reconstruction."

Dear Mrs. Gacto-Sanchez,

I am pleased to inform you that your work has now been accepted for publication in Plastic and Reconstructive Surgery. Congratulations! All manuscript materials will be forwarded immediately to the production staff for placement in an upcoming issue. The Editorial Office will inform you of the publication date once your manuscript has been assigned to a specific issue.

Acceptance for publication is made with the understanding that the material in your submission has not been previously published and will not be submitted for publication elsewhere before it appears in the journal.

There should be no announcements or news releases about your article until the day before the date of publication.

If you have not already done so, please inform us immediately if you or any co-authors have any financial relationships with any company whose products are mentioned in your article or a company making a competing product.

If you have any questions or concerns about these guidelines, please do not hesitate to contact my editorial office at 214-645-7790.

Thank you for submitting your interesting and important work to the journal. We look forward to receiving more manuscripts from you in the future.

With Kind Regards,

Rod J. Rohrich, M.D.
Editor-in-Chief
Plastic and Reconstructive Surgery

CAPITULO DE LIBRO: *Handbook of Research on Developments in e-Health and Telemedicine: Technological and Social Perspectives.*

Libro editado por M. Manuela Cunha, Antonio Tavares y Ricardo Simoes Polytechnic Institute of Cavado and Ave, Portugal.

Aceptado en Marzo de 2009 y pendiente de publicación.

“VIRTUAL REALITY FOR SUPPORTING SURGICAL PLANNING”

Leal, S.^a, Suárez, C.^a, Framiñan, J.M.^b, Parra, C.L.^a, Gómez, T.^c, Gacto, P.^d, De la Higuera, J.M.^e

^a *Technological Innovation Group. University Hospitals 'Virgen del Rocío'. Seville. Spain.*

^b *Industrial Management Research Group. School of Engineering. University of Seville. Seville. Spain*

^c *Governance Unit of Plastic and Reconstructive Surgery and Burn. University Hospitals 'Virgen del Rocío'. Seville. Spain*

^d *Unit of Plastic and Reconstructive Surgery and Burn. University Hospitals 'Virgen del Rocío'. Seville. Spain*

^e *Chief Project Officer. University Hospitals 'Virgen del Rocío'. Seville. Spain*

ABSTRACT

Nowadays many surgical procedures are still carried out based on the skills and manual dexterity of each surgeon. The complexity and variability of the operations (anyways very dependent on anatomical and functional personal characteristics), the difficulty of sharing and transferring the acquired knowledge, and the problems for surgeons to train in a realistic context, make up a very complex scenario.

In this sense, Virtual Reality (VR) provides supporting for surgical training and planning. VR permits modeling, simulation and visualization techniques using 3-D, anatomical predictive models, and are based on realistic models of tissues and organs. The usage of these technologies as a support for surgical planning results in a reduction of the uncertainty in the surgical process, a decrease in the risks for the patients, as well as an improvement of the results. This chapter presents a case of study of a Virtual Reality tool for supporting surgical planning, called VirSSPA, that has been already successfully applied in the University Hospital “Virgen del Rocio” (Seville-Spain).

De: ehealth.and.telemedicine [mailto:ehealth.and.telemedicine@gmail.com]
Enviado el: domingo, 01 de marzo de 2009 2:17
Para: sandra.leal.exts@juntadeandalucia.es; cristina.suarez.exts@juntadeandalucia.es;
framinan@us.es; carlos.parra.sspa@juntadeandalucia.es;
tomas.gomez.sspa@juntadeandalucia.es; jmaria.higuera.sspa@juntadeandalucia.es;
purigacto@gmail.com
CC: Handbook of Research on eHealth and Telemedicine
Asunto: Handbook of Research on Developments in eHealth and Telemedicine -
notification of acceptance

Handbook of Research on Developments in e-Health and Telemedicine: Technological
and Social Perspectives

A book edited by M. Manuela Cunha, Antonio Tavares and Ricardo Simoes
Polytechnic Institute of Cavado and Ave, Portugal
http://ehealth_and_telemedicine.ipca.pt
ehealth.and.telemedicine@gmail.com

=====

Chapter acceptance

VIRTUAL REALITY FOR SUPPORTING SURGICAL PLANNING

=====

Dear Author,

We are pleased to inform you that the review process for your chapter submitted to the
Handbook of Research on Developments in e-Health and Telemedicine: Technological
and Social Perspectives is complete.
Your submission has been subjected to a double-blind, peer-review and has been
accepted for inclusion in the forthcoming publication.

By the end of March you will receive instructions to prepare the final materials, like for
example a biographical sketch of each author, a signed copyright agreement, indexing
template, etc.

If you have any questions, please contact us.

Sincerely,

Maria Manuela Cunha (mcunha@ipca.pt)
Antonio Tavares (ajtavares@ipca.pt)
Ricardo Simoes (rsimoes@ipca.pt)
Polytechnic Institute of Cavado and Ave
School of Technology
Urbanizacao Quinta da Formiga
4750 Barcelos
Portugal

“MODELO DE REALIDAD VIRTUAL EN 3-D PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA RECONSTRUCCIÓN MICROQUIRÚRGICA DE LA MAMA CON EL COLGAJO DIEAP EN EL SISTEMA SANITARIO PÚBLICO DE ANDALUCÍA: VALIDACIÓN DE LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA Y ESTUDIO CLÍNICO COMPARATIVO DE 70 CASOS” presented by Purificación Gacto Sanchez.

Introduction

I am one of the 16 plastic surgeons at Queen Victoria Hospital, East Grinstead and one of the six in the breast reconstructive team. As we have wide experience in microvascular breast reconstruction surgery, in particular using the Deep Inferior Epigastric Perforator flap, Purificación Gacto Sanchez asked me to write a report on her work which will form part of her PhD dissertation at the University of Sevilla. My report is based on the papers given below which are written in English, though her dissertation will be in Spanish.

1. The Computerised tomography angiography with VirSSPA 3D-software for perforator navigation improves perioperative outcomes in DIEP flap breast reconstruction. Submitted to PRS.
2. Use of a Three-Dimensional Virtual Reality Model for Preoperative Imaging in DIEP Flap Breast Reconstruction. Journal of Surgical Research, 1–8 (2009).

Précis

The study was designed over 5 years from May 2004 to February 2009. The first 35 patients (May 04-Dec07) were retrospectively used as the control group. 35 patients (Jan08-Feb09) were part of the prospective arm of the study which used CTA with VirSSPA 3D software to map the perforators pre-operatively.



The retrospective control group had mapping of the perforators by Doppler. The prospective group had a CT Angiogram. 3D reconstruction of the abdominal wall wherein the DIE perforators, the course through the rectus abdominis muscle and point of emergence onto the anterior rectus sheath was mapped using the VirSSPA software. Perforators were then marked on a transparent grid which was then transposed onto the abdominal skin of the patient, with the patient standing and lying down.

Various parameters were then noted for each group:

- Ischaemia time
- Operative time
- Length of hospital stay
- Flap related complications such as: partial / total flap failure, arterial / venous insufficiency, fat necrosis, haematoma, infection, seroma.
- Donor site morbidity such as haematoma, seroma and infection in the short-term and abdominal bulge or hernia in the long term.
- Systemic complications such as pleural effusion, deep vein thrombosis and myocardial infarct.

It was concluded that the CTA-VirSSPA group had shorter ischaemia and operative times with slightly shorter hospital stay. Patients with a flap harvest time of over 150 mins were five times more likely to present with complications. Flap related complications were also significantly higher in the group wherein the total operative time was longer than 500 minutes. The conclusion was then drawn that 3D CTAVirSSPA provided a 'protective factor' and complications were likely to be 31 times higher in the non-CTAVirSSPA group.



Comments

The study is well constructed, though ideally one would want both control and study groups to be prospective, which in practical terms is recognized to be not always possible. 3D-CTA has been used in several units over the world and has been established as a useful tool in identifying perforators and their course pre-operatively. The use of VirSSPA software is novel and in the Sevilla Hospital setting appears to work very well. It is understandable that the use of the software has a learning curve associated with it. Interpretation of the images is very much operator dependant and will depend on the accuracy with which it is done.

The main benefits from using the CTA-VirSSPA software have been shown to significantly decrease flap raising time, as a result this leads to a reduction in total operative time by approx 2 hours and thereby, reducing complications. The crucial importance of the CTA-VirSSPA use is that the decision to use a certain perforator can be made *pre-operatively* by looking at the caliber of the perforator, length of the intramuscular course and the emergence on the anterior rectus sheath. Prior to the use of CTA, this had to be done intra-operatively and one had no means of knowing the course within the muscle. If this was long, the intra-muscular dissection would be long and tedious.

The conclusion of a significantly increase flap harvest time, ischaemia time and total operative time has to taken in context. The CTA-VirSSPA group was prospective and the control group was retrospective, indicating that the results from the control group were when the technique of DIEP flap was relatively new. After gaining more experience from 2004-07, the surgeon and the theatre operating team would have become more cognizant with technique, set-up and early recognition of vascular problems resulting in a smoother operation with shorter ischaemia time and less complications. However, use of the software would have certainly decreased the flap-raising time.



The conclusion of 'complications were likely to be 31 times higher in the non-CTAVirSSPA group' has to be viewed with caution as the true figure once variables cited above are considered is likely to be much less. The main findings of decreased flap raising time hence decreased operative time and therefore decreased complications mirrors other studies in Europe and USA. Conclusions of donor site morbidity such as abdominal bulging and hernia should be cautious as follow-up in the CTA-VirSSPA group was 3months which is inadequate for long-term complications.

Comparisons & Recommendations

In our unit, we perform over 100 microvascular breast reconstructions using abdominal tissue transfer. Though majority of these are DIEP flaps, a significant number are Muscle-sparing TRAM flaps. The decision of a DIEP vs. Muscle-sparing TRAM is done pre-operatively with the use of 3D-CTA. Navigation software was used in this unit in 2007-08. However, this was found to be significantly operator-dependant and time-consuming.

(Pre-operative planning for DIEP breast reconstruction: early preliminary report of the use of CT-angiography with *VoNavix* 3D software for perforator navigation

M.D. Pacifico, M.S. See, N. Cavale, J. Collyer, I. Francis, T.C.S. Cubison, M.E.Jones, A. Hazari, J.G. Boorman, R.W. Smith. JPRAS. Aug 2008.)

Since its publication, the Navigation software is no longer used. The quality of 3D images produced is of superior and adequate quality to visualise the perforators and their course on computer monitors which are available in every operating theatre. This enables the operating team to have a visual image in theatres. We have found that flap-harvest time is significantly reduced and in experienced hands will often take 90 mins. Ischaemia time is also usually between 30-50 mins reflecting the significance of experience over time and the routine nature of the surgery.



The decision to harvest a DIEP vs. Muscle-sparing TRAM is done pre-operatively and is dependant on the calibre of the perforator and the length of its course through the muscle. If the calibre is small and the intra-muscular course long, a muscle-sparing TRAM is done to avoid increased fat necrosis associated with small perforator-large volume flaps. A long intra-muscular dissection is avoided to prevent significant dissection of the muscle which would leave it de-innervated and weak resulting in long-term abdominal weakness.

Anita Hazari
16/6/09

Miss Anita Hazari MD, FRCS(Plast)
Consultant Plastic, Reconstructive and Hand Surgeon



15th June 2009

Holtye Road
East Grinstead
West Sussex
RH19 3DZ

Telephone: 01342 414000
www.qvh.nhs.uk

To Whom It May Concern

Dear Sirs

This is a written report regarding the work entitled
"Modelo de realidad virtual en 3-D para la planificacion de la reconstruccion
microquirurgica de la mama con el colgajo DIEAP en el Sistema Sanitario Publico de
Andalucia: validacion de la herramienta informatica y estudio clinico comparativo de 70
casos"

Which is to be presented as a PhD dissertation at the University of Sevilla by
Purificacion Gacto Sanchez.

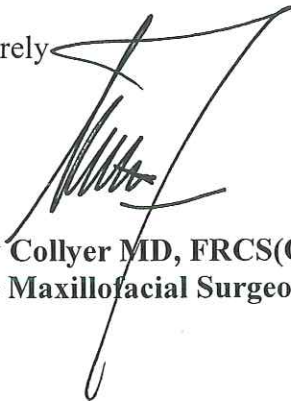
Please note that my report is based on the papers listed below written in English.

- A three-dimensional virtual reality model for limb reconstruction in burned patients. Burns 2008 (in press)
- Use of a three-dimensional virtual reality model for preoperative imaging in DIEP flap breast reconstruction. Journal of Surgical Research 2009 (in press)
- The computerised tomography angiography with VirSSPA 3D-software for perforator navigation improves perioperative outcomes in DIEP flap breast reconstruction. Submitted to Plastic and Reconstructive Surgery

I consider that the work she has been performing over the last years constitutes a novel approach for preoperative planning. The VirSSPA software appears to work very well in DIEP flap surgery. Its main benefits a significant decrease in flap harvesting times leading to reductions in total operative times and thereby reducing complications.

The study is well structured and designed for the objectives accounted. I therefore consider that the work is highly convenient to be presented as a PhD dissertation at the University of Sevilla.

Yours sincerely



**Mr Jeremy Collyer MD, FRCS(OMFS)
Consultant Maxillofacial Surgeon**

30th June 2009

Holtye Road
East Grinstead
West Sussex
RH19 3DZ

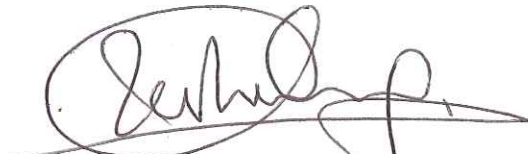
Telephone: 01342 414000
www.qvh.nhs.uk

To Whom It May Concern

Dear Sirs

This is to confirm that Purificacion Gacto Sanchez, Plastic Surgery Resident in her 5th year at Virgen del Rocio University Hospital, Sevilla, Spain, attended the Queen Victoria Hospital on a Clinical Attachment from 2nd April 09 until 30th June 09, working under the direction of myself and other Consultant Surgeons in the Plastics Department.

Yours faithfully



Mr T C Teo (Hons) FRCS (Plast)
Consultant Plastic Surgeon

14. ANEXOS

ANEXO I

ROCIO AGUILAR GARCÍA,
EN NOMBRE DE LA FUNDACIÓN PÚBLICA ANDALUZA PARA LA GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN
SALUD DE SEVILLA, DE LA QUE OSTENTA EL CARGO DE GERENTE,

CERTIFICA:

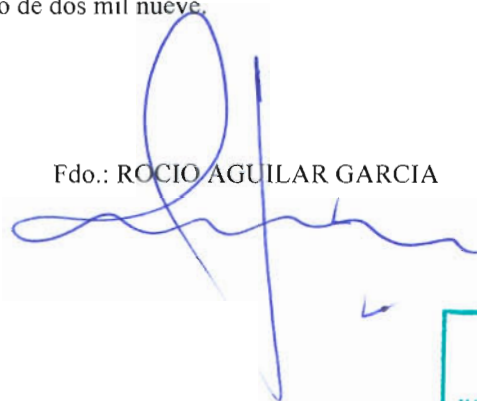
Que los siguientes proyectos:

- Realidad Virtual aplicada a la optimización de procesos quirúrgicos (Expediente 47/05)
- Realidad Virtual aplicada al entrenamiento de cirujanos (Expediente 49/06)
- Gestión de conocimiento integrada en un entorno de realidad virtual (Expedientes 316/07 y 44/08)

cumplen con los requisitos necesarios para su adecuada ejecución.

A petición del interesado, Doña Purificación Gacto Sanchez, y para que conste a los efectos oportunos, firma el presente certificado en Sevilla a veintitrés de julio de dos mil nueve.

Fdo.: ROCIO AGUILAR GARCIA



FUNDACIÓN PÚBLICA ANDALUZA
PARA LA GESTIÓN DE LA
INVESTIGACIÓN EN SALUD DE SEVILLA
G-41918830

ANEXO II



Servicio Andaluz de Salud

CONSEJERÍA DE SALUD

Hospitales Universitarios Virgen del Rocío

Reconstrucción Mamaria Postmastectomía (Versión Dic. 2004)

UGC de Cirugía Plástica y Grandes Quemados

DOCUMENTO DE INFORMACIÓN CLÍNICA ESPECÍFICA PARA EL CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PROCEDIMIENTO: RECONSTRUCCIÓN MAMARIA POSTMASTECTOMÍA

INTRODUCCIÓN.-

Este es un documento de consentimiento informado que ha sido preparado por la Unidad de Gestión Clínica de Cirugía Plástica y Grandes Quemados de los Hospitales Universitarios Virgen del Rocío de Sevilla, siguiendo las normas de la Sociedad Española de Cirugía Plástica, Reparadora y Estética, para ayudar a sus cirujanos plásticos a informarte sobre el tratamiento quirúrgico de reconstrucción mamaria, sus riesgos y los tratamientos alternativos, tal y como establece la Ley General de Sanidad, publicada en el B.O.E. del 29-4-88 nº 102, aptdo. 6 del artículo 10, que dice textualmente: "... siendo preciso el previo consentimiento escrito del usuario para la realización de cualquier intervención...", de acuerdo con la Resolución 223/2002 de 17 de Diciembre de 2002 emitida por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.

Es importante que lea esta información de forma cuidadosa y completa. Por favor, ponga sus iniciales en cada página, indicando así que la página ha sido leída, y firme el consentimiento para la cirugía propuesta por los cirujanos del Servicio.

FINALIDAD DEL PROCEDIMIENTO.-

La reconstrucción de mama es un procedimiento quirúrgico que pretende restaurar de la forma más natural posible la falta de pecho normalmente secundaria a cirugía de cáncer. Es absolutamente lógico pretender recuperar en lo posible una parte tan importante para su vida y tiene usted derecho a ser informada sobre esta opción.

La posibilidad de hacerlo dependerá además de su voluntad, del estado de salud que tenga, debiendo consultar a su cirujano general, ginecólogo, oncólogo y cirujano plástico.

Los sistemas de reconstrucción son varios, según la cirugía y tratamientos previamente realizados que determinan la cantidad y calidad de los tejidos en la zona. Pueden ser:

- a/ *Utilización de prótesis expansivas temporales o definitivas así como prótesis mamarias normales.*
- b/ *Pueden utilizarse tejidos del propio organismo (espalda, abdomen) para la reconstrucción y otras zonas para la piel de areola-pezones.*
- c/ *Pueden utilizarse conjuntamente ambos procedimientos.*

Su cirujano le indicará el más idóneo en su caso.

Además suele ser necesario la cirugía de la mama sana para conseguir simetría en tamaño y posición.

Estas intervenciones quirúrgicas son realizadas con Anestesia General. El médico especialista en Anestesiología y Reanimación realizará una visita previa para valorar su estado y atender a las preguntas referidas a la anestesia que desee realizar.

La mama reconstruida no será completamente normal, habrá cicatrices y diferencia en forma y tamaño con la mama sana. La reconstrucción no provoca que se reproduzca el cáncer ni interfiere con la evolución de su enfermedad. Tampoco impide el diagnóstico de recidiva ni tratarlas como necesitan.

RIESGOS TÍPICOS DE LA INTERVENCIÓN DE RECONSTRUCCIÓN MAMARIA

Todo procedimiento quirúrgico implica un riesgo, y es importante que usted comprenda los riesgos asociados con la intervención de reconstrucción mamaria. La decisión de someter al paciente a un procedimiento quirúrgico se basa en la comparación del beneficio frente a la lesión existente. Aunque la mayoría de los pacientes no experimentan las complicaciones siguientes, Ud. debe discutir cada una de ellas con su equipo de cirujanos plásticos para asegurarse de que comprende todas las consecuencias posibles de proceso.

Hemorragia: Es posible, aunque infrecuente, experimentar un episodio de sangrado durante o después de la cirugía. Si ocurriera una hemorragia postoperatoria, podría requerir tratamiento de urgencia para drenar la sangre acumulada, o transfusión de sangre. No debe tomar aspirina ni medicamentos antiinflamatorios desde 10 días antes de la cirugía, puesto que ello podría aumentar el riesgo de sangrado.

Página 1 de 1

Firma del paciente y fecha

INFORMACIÓN CLÍNICA PARA EL CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LA RECONSTRUCCIÓN MAMARIA POSTMASTECTOMÍA



Servicio Andaluz de Salud

CONSEJERÍA DE SALUD

Hospitales Universitarios Virgen del Rocío

Reconstrucción Mamaria Postmastectomía (Versión Dic. 2004)

UGC de Cirugía Plástica y Grandes Quemados

Seroma: Es relativamente frecuente, según el tipo de cirugía realizada. Cuando ocurre este problema, pueden requerirse procedimientos adicionales para el drenaje del fluido.

Infección: La infección es infrecuente tras este tipo de cirugía. Si ocurriera, podría ser necesario un tratamiento que incluyera antibióticos o cirugía adicional.

Dehiscencia de la herida: Por tensión de los bordes de la herida, necrosis o infección, puede darse una dehiscencia, que requeriría para su solución una nueva intervención.

Necrosis de los colgajos: Los tejidos utilizados para remodelar la anatomía del defecto, pueden necrosarse por falta de riego o infección, requiriendo nuevas intervenciones.

Dolor: Es muy infrecuente el dolor crónico a causa de atrapamiento de nervios en tejido cicatricial después de la intervención.

Cicatrización cutánea: Quedarán cicatrices en la mama reconstruida, en la zona donante de los tejidos y en la mama sana en caso de que necesite ser operada. En casos raros pueden producirse cicatrices anormales. Las cicatrices pueden ser inestéticas, retráctiles o de color diferente al de la piel circundante. Pueden necesitarse tratamientos adicionales para tratar la cicatrización anormal, incluyendo cirugía.

Efectos a largo plazo: Los resultados en algunos casos son pobres, por asimetrías por ejemplo, requiriendo procedimientos secundarios.

Anestesia: Tanto la anestesia local como la general implican un riesgo. Existe la posibilidad de complicaciones, lesiones, e incluso muerte, por cualquiera de las formas de anestesia o sedación como le informará convenientemente el anestesista.

Complicaciones en la zona donante: La utilización del abdomen, en caso de que esta sea la cirugía seleccionada para usted, puede requerir colocación de mallas y en casos la aparición de hernias abdominales, que deben tratarse. Pueden aparecer las complicaciones antes enumeradas también en esta zona.

Implantes mamarios (expansores y/o prótesis): La utilización de estos pueden conllevar extrusión o encapsulación y demás complicaciones propias de esta técnica. Que pueden requerir revisiones quirúrgicas.

Sensibilidad y función: Existirá un déficit de sensibilidad en la mama reconstruida que no será funcionante en relación con la lactancia.

RIESGOS RELACIONADOS CON SUS CIRCUNSTANCIAS PERSONALES.-

NECESIDAD DE CIRUGÍA ADICIONAL.-

En el apartado anterior hemos visto con cierto detenimiento todas las situaciones en las que será necesario nuevas intervenciones quirúrgicas.

TRATAMIENTO ALTERNATIVO

La reconstrucción es una cirugía electiva. Usted podría no operarse o utilizar prótesis externas bajo la ropa. Usted puede solicitar ser intervenido en otro centro del Sistema Sanitario Público de Andalucía.

RENUNCIA.-

Los documentos de consentimiento informado se emplean para comunicar información acerca del tratamiento quirúrgico para una enfermedad o condición determinada, así como para mostrar los riesgos y formas alternativas de tratamiento. El proceso de consentimiento informado pretende definir los principios para

Página 2 de 2

Firma del paciente y fecha

INFORMACIÓN CLÍNICA PARA EL CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LA RECONSTRUCCION MAMARIA POSTMASTECTOMÍA



Servicio Andaluz de Salud

CONSEJERÍA DE SALUD

Hospitales Universitarios Virgen del Rocío

Reconstrucción Mamaria Postmastectomía (Versión Dic. 2004)

UGC de Cirugía Plástica y Grandes Quemados

dar a conocer los riesgos, que generalmente satisfará las necesidades de la mayoría de los/as pacientes en la mayoría de las circunstancias.

Sin embargo, no debe considerarse que los documentos de consentimiento informado incluyan todos los aspectos sobre otros métodos de tratamiento o riesgos posibles. Los cirujanos plásticos del Servicio pueden proporcionar información adicional o diferente, basada en todos los hechos de su caso particular y en el estado del conocimiento médico.

Los documentos de consentimiento informado no pretenden definir o servir como el modelo del cuidado médico. Éste será determinado en base a todos los hechos involucrados en un caso individual, y está sujeto a cambios, puesto que el conocimiento científico y la tecnología avanzan, y los modelos de práctica evolucionan.

ES IMPORTANTE QUE LEA CUIDADOSAMENTE LA INFORMACIÓN ANTERIOR Y HAYAN SIDO RESPONDIDAS TODAS SUS PREGUNTAS ANTES DE QUE FIRME EL CONSENTIMIENTO SIGUIENTE:

1.- Por la presente autorizo a los Dres. _____ del Servicio de Cirugía Plástica de los Hospitales Universitarios Virgen del Rocío de Sevilla, y a los ayudantes que sean seleccionados para realizar el siguiente procedimiento o tratamiento:

He recibido el siguiente folleto informativo: Documento de Información Clínica Específica para el Consentimiento Informado para el tratamiento quirúrgico de la reconstrucción de mama.

2.- Soy consciente que durante el curso de la operación y el tratamiento médico o anestesia, pueden darse situaciones imprevistas que necesiten procedimientos diferentes a los propuestos. Por la presente autorizo a los cirujanos citados y a sus ayudantes a realizar estos otros procedimientos en el ejercicio profesional necesario y deseable. La autorización que otorga este párrafo incluirá cualquier situación que requiera tratamiento y que no fuera conocida por el cirujano en el momento de iniciar el procedimiento.

3.- Doy el consentimiento para la administración de los anestésicos que se consideren necesarios o aconsejables. Comprendo que cualquier forma de anestesia entraña un riesgo y la posibilidad de complicaciones, lesiones y a veces muerte.

4.- Estoy de acuerdo en que no se me ha dado garantía por parte de nadie en cuanto al resultado que puede ser obtenido.

5.- Doy el consentimiento para el fotografiado o la filmación de la (s) operación (es) o procedimiento (s) que se van a realizar, incluyendo cualquier parte de mi cuerpo, con fines médicos, científicos o educativos, puesto que mi identidad no será revelada en las imágenes.

6.- Con fines de avances en la educación médica, doy el consentimiento para la entrada de observadores sanitarios en el quirófano.

7.- ME HA SIDO EXPLICADO DE FORMA COMPRENSIBLE:

- a) EL TRATAMIENTO CITADO ANTERIORMENTE O PROCEDIMIENTO A REALIZAR.
- b) LOS PROCEDIMIENTOS ALTERNATIVOS O MÉTODOS DE TRATAMIENTO.
- c) LOS RIESGOS DEL PROCEDIMIENTO O TRATAMIENTO PROPUESTO.

DOY EL CONSENTIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO O PROCEDIMIENTO, Y LOS PUNTOS CITADOS ARRIBA (1 - 7) Y ESTOY SATISFECHO/A CON LA EXPLICACIÓN.

.....
Firma del paciente o de la persona responsable.

.....
Firma del testigo

DNI:.....

Página 3 de 3

Firma del paciente y fecha

INFORMACIÓN CLÍNICA PARA EL CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LA RECONSTRUCCIÓN MAMARIA POSTMASTECTOMÍA



Servicio Andaluz de Salud

CONSEJERÍA DE SALUD

Hospitales Universitarios Virgen del Rocío
Reconstrucción Mamaria Postmastectomía (Versión Dic. 2004)
UGC de Cirugía Plástica y Grandes Quemados

Cód. 010470

Página: 4 de 4

Firma del paciente y fecha.

INFORMACIÓN CLÍNICA PARA EL CONSENTIMIENTO INFORMADO DE LA RECONSTRUCCION MAMARIA POSTMASTECTOMÍA