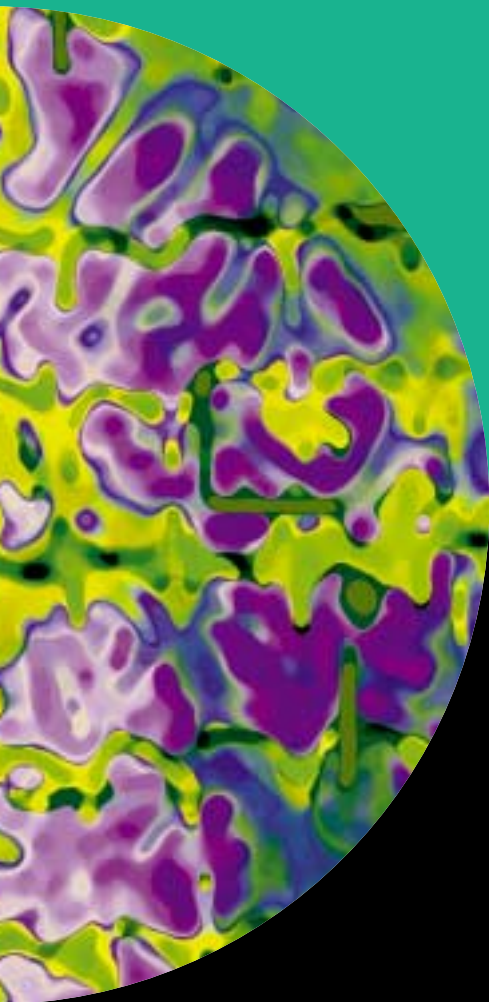


Ciencias de la Salud El Futuro de la Cirugía Mínimamente Invasiva

Tendencias tecnológicas
a medio y largo plazo



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO

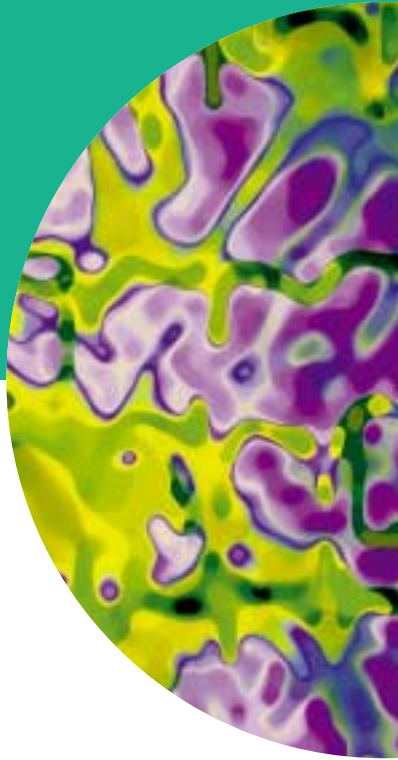
FENiN

Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria



Fundación **OPTI**

Observatorio de
Prospectiva Tecnológica
Industrial



Ciencias de la Salud El Futuro de la Cirugía Mínimamente Invasiva

Tendencias tecnológicas
a medio y largo plazo



Fundación OPTI
Juan Bravo, 10 - 4º P
28006 Madrid
Tel.: 91 781 00 76
Fax: 91 575 18 96
<http://www.opti.org>

FENIN
Juan Bravo, 10 - 3º P
28006 Madrid
Tel.: 91 575 98 00
Fax: 91 435 34 78
<http://www.fenin.org>

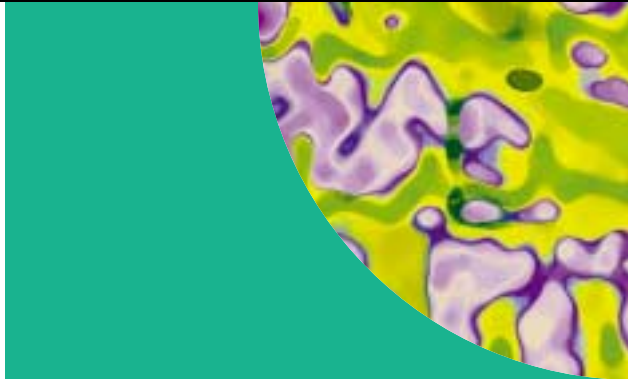
El presente informe de prospectiva tecnológica ha sido realizado por la Fundación OPTI, Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial, y FENIN, Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria.

Este documento ha sido elaborado por:

Myriam García Berro, Fundación
ASCAMM
Concha Toribio, FENIN

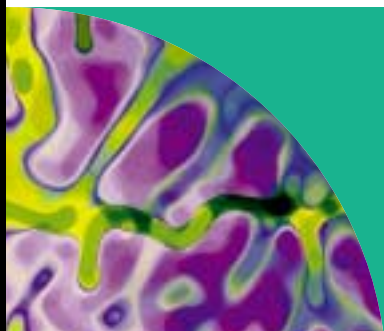
La Fundación OPTI y FENIN agradecen sinceramente la colaboración ofrecida por todos aquellos que con sus respuestas han hecho posible la realización de este informe, y en especial a los componentes del panel de expertos.

© Fundación OPTI y FENIN
Fecha: noviembre 2004
Depósito legal:
Editado por: Cyan, Proyectos
y Producciones Editoriales, S.A.



Índice

INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO.....	4	TENDENCIAS DE FUTURO MÁS RELEVANTES.....	24
OBJETIVOS.....	5	CONCLUSIONES.....	41
LA CIRUGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA.....	6	ANEXO I: LISTADO MIEMBROS DEL PANEL DE EXPERTOS.....	44
METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	12	ANEXO II: CUESTIONARIO CON LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO	46
RESULTADOS GENERALES.....	17		
CLASIFICACIÓN DE LOS TEMAS EN FUNCIÓN DE LA FECHA DE MATERIALIZACIÓN Y GRADO DE IMPORTANCIA	19		
Materialización hasta 2008.....	20		
Materialización de 2009 a 2014.....	21		
Materialización de 2015 a 2019.....	23		



Introducción al estudio

Este estudio de prospectiva sobre el futuro de la Cirugía Mínimamente Invasiva se enmarca dentro de los trabajos que la Fundación Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) viene realizando desde 1998. El estudio es fruto de un convenio de colaboración entre la Fundación OPTI y la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (FENIN) para el desarrollo de ejercicios de prospectiva dentro del sector de las Ciencias de la Salud.

El objetivo que se pretende alcanzar con este trabajo es el de realizar un análisis de los aspectos más críticos relacionados con la evolución presente y futura de las técnicas en Cirugía Mínimamente Invasiva, así como identificar las líneas

de investigación científico-tecnológicas clave para el desarrollo de dicha técnica.

Este estudio de prospectiva, planteado con un horizonte temporal de quince años, pretende servir de material de reflexión para todos aquellos que desde diversos ámbitos trabajan en el desarrollo de la innovación tecnológica y en el campo de la cirugía. Con ello, OPTI cumple uno de sus objetivos fundacionales al proporcionar información de utilidad para que los responsables de la toma de decisiones en la Administración y las empresas puedan elaborar las estrategias de actuación más convenientes para afrontar los retos que se avecinan.



Objetivos

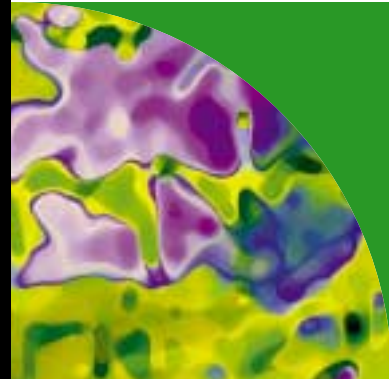
Los objetivos fundamentales que se persiguen con la realización de este estudio de prospectiva se resumen en:

1. Ayudar a la planificación de las empresas del sector, permitiendo establecer vías de actuación basadas en la disposición de la información sobre las tecnologías emergentes y las áreas científicas relevantes.
2. Ofrecer una herramienta de consulta válida para la toma de decisiones relacionadas con las políticas de I+D por parte de la Administración y las empresas, y explotar los conocimientos que a día de hoy puedan obtenerse.
3. Analizar el impacto de los avances científico-tecnológicos en Cirugía Mínimamente Invasiva sobre el sector sanitario.

4. Identificar marcos y estrategias de futuro tanto en lo que se refiere a su impacto sobre la salud como sobre el desarrollo empresarial.

La no existencia en nuestro país de estudios de prospectiva en el sector médico-sanitario ha impulsado a la Fundación OPTI y a FENIN a la realización de los mismos con el objetivo de estimular a la Administración y a las empresas del sector a avanzar en el ámbito de la innovación tecnológica y el desarrollo de actividad empresarial.

Los resultados del proyecto quizás no sean visibles en un corto plazo pero sí en el medio, permitiendo establecer prioridades de financiación en proyectos de I+D+i, y facilitando el conocimiento de la evolución y líneas de investigación en el campo de la Cirugía Mínimamente Invasiva.



La Cirugía Mínimamente Invasiva

Podemos definir Cirugía Mínimamente Invasiva (CMI), también denominada de mínimo abordaje, como el conjunto de técnicas diagnósticas y terapéuticas que por visión directa, o endoscópica, o por otras técnicas de imagen, utiliza vías naturales o mínimos abordajes para introducir herramientas y actuar en diferentes partes del cuerpo humano.

El desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva se enmarca dentro de la historia reciente de la cirugía. Muchos autores señalan la colecistectomía laparoscópica, llevada a cabo por primera vez en 1985 por Muhe, en Alemania Occidental, como el evento que define el crecimiento explosivo de la Cirugía Mínimamente Invasiva moderna. Aunque existen referencias previas, algunas con carácter anecdótico, es a partir de los años ochenta cuando este tipo de cirugía vive su verdadero desarrollo y comienza su expansión.

La rapidez con la que se ha desarrollado esta técnica no tiene precedentes en la historia de la cirugía. Se podría poner como ejemplo la rápida evolución de la colecistectomía laparoscópica, que en menos de una década, en 1993, alcanzó en Estados Unidos un porcentaje del 67% frente a



los procedimientos de cirugía abierta. Nunca hasta entonces se había producido una revolución tan grande en el campo de la cirugía, ni una nueva técnica había conseguido una aceptación universal tan rápida. De todos modos, la adopción de estas técnicas en otro tipo de operaciones diferentes a la colecistectomía ha sido mucho más lenta, debido fundamentalmente a la gran dificultad en el aprendizaje de estos procedimientos por parte del colectivo médico.

Aun así, la Cirugía Mínimamente Invasiva no es un área exclusiva de la cirugía del aparato digestivo, aunque sea en esta especialidad donde haya alcanzado un mayor desarrollo. La Cirugía Mínimamente Invasiva es un concepto global que enmarca hoy en día a casi todas las disciplinas médicas (cirugía torácica, pediátrica, ginecología, urología, traumatología, plástica, ortopédica, cardíaca y vascular, neurocirugía y ORL) y técnicas (esta incluye a la endoscopia, cirugía laparoscópica y percutánea). Estas aproximaciones terapéuticas son muy complementarias, y de forma creciente se están aplicando de forma combinada para el tratamiento de casos individuales. La laparoscopia, siendo de las más conocidas de todas las técnicas empleadas, no es la única.

Desde el punto de vista general podemos clasificar la Cirugía Mínimamente Invasiva según el espacio anatómico donde es aplicada:

Cirugía endocavitaria

- Toracoscopia (cavidad torácica).
- Laparoscopia (cavidad abdominal).
- Artroscopia (articulaciones).

Cirugía endoluminal

- ORL.
- Respiratoria.
- Digestiva.
- Urológica.
- Ginecológica.
- Angioscopia Vascular.
- Pelvioscopia.

Otros accesos

- Axilar.
- Mediastino.
- Retroperitoneo.
- Preperitoneo.
- Perivascular.

Ventajas

La práctica de la Cirugía Mínimamente Invasiva presenta una serie de ventajas generales relacionadas con la técnica y aplicables a cualquier procedimiento. En general, todos los procedimientos se encuentran apoyados en la reducción de la morbilidad postoperatoria secundaria y en la disminución de la respuesta fisiológica a la agresión quirúrgica.

De una forma resumida las ventajas de este tipo de cirugía se pueden apoyar en los siguientes puntos:

- Reducción de la respuesta inflamatoria sistémica asociada con la cirugía, y mejoría en la respuesta inmunológica.
- Disminución del dolor postoperatorio debido fundamentalmente a la ausencia de incisiones quirúrgicas importantes y a la reducción del trauma en los tejidos sanos.
- Menores complicaciones en la herida quirúrgica. Las heridas tienen diámetros menores por lo que cicatrizan rápidamente y rara vez presentan complicaciones importantes. Además, es importante destacar el factor "estético" que conllevan estas mini incisiones.
- Disminución del postoperatorio y estancia en el hospital. En consecuencia, se reducen de forma significativa los costes asociados y las listas de espera.

Impacto

La Cirugía Mínimamente Invasiva surge como nueva alternativa terapéutica para el tratamiento de afecciones quirúrgicas compitiendo con la cirugía convencional, cuyo uso se ha reducido en un buen número de intervenciones. Estos desarrollos están produciendo importantes impactos tanto en centros hospitalarios como en cirujanos y pacientes.

Es destacable el *impacto en política sanitaria*, ya que es sabido que en Occidente el 50% de los internamientos están ligados a posibles complicaciones y al período de convalecencia postoperatorio. La llegada de estas nuevas técnicas mini-invasivas, con tratamientos ambulatorios o de corta internación, y el seguimiento ambulatorio, disminuyen considerablemente estas cifras. Así como efecto, surge:

- La disminución de los costes por internación.
- La disminución de las infecciones intrahospitalarias.
- La disminución de las listas de espera.

La reducción de la internación y el aumento del seguimiento ambulatorio de los pacientes requieren de un importante cambio en los Servicios de Cirugía, y de modificaciones en la estructura de quirófanos, para una rápida circulación de pacientes.



En lo que respecta al *impacto en los profesionales médicos*, los procedimientos de Cirugía Minimamente Invasiva son más exigentes para los cirujanos y el colectivo médico en general, ya que se trata de procedimientos más complejos que los convencionales. Estos procedimientos implican:

- La adquisición de nuevas habilidades, no incluidas muchas veces en los sistemas educativos actuales.
- El conocimiento suficiente de técnicas tales como la ecografía, la radiología intervencionista y la endoscopia.

En lo que respecta a los *pacientes*, la cirugía mínimamente invasiva permite:

- Menor dolor postoperatorio.
- La posibilidad de evitar la anestesia general.
- Una rápida inserción laboral.
- Menos complicaciones laborales.

Desventajas

- Presenta dificultades con la percepción espacial: debido a que las intervenciones son controladas a través de monitores, se pierde la visión binocular que nos da la tridimensión. Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos la tridimensión ya es una realidad.
- Pérdida de la percepción profunda (imposibilidad de palpación/sensación). La sensación y el tacto de la cirugía convencional se pierde y es necesario aprender a palpar con los instrumentos.
- Manejo oncológico discutible debido principalmente a la falta de resultados.
- En caso de sangrado importante, éste es difícil o imposible de controlar.
- Los nódulos pequeños y profundos son difíciles de ubicar.
- El proceso de suturación es más lento y complicado.

Situación actual

La Cirugía Mínimamente Invasiva se encuentra en la actualidad en fase de evolución, reemplazando lenta y progresivamente a la cirugía convencional y reduciendo la morbilidad de los procedimientos y con un porcentaje creciente de éxitos terapéuticos. Muchas de las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva son previamente exploradas en centros académicos y se van extendiendo poco a poco a los hospitales con la ayuda de las compañías que desarrollan e introducen en el mercado la tecnología implicada.

La rapidez con la que se ha desarrollado esta técnica ha revolucionado el campo de la cirugía y de las técnicas de diagnóstico. Esta implantación generalizada se está viendo acelerada por la difusión que ha tenido en prensa y el enorme desarrollo tecnológico emprendido por las empresas, que ha permitido que, en el plazo de diez años, se hayan desarrollado procedimientos estandarizados en muchas intervenciones. De todos modos, según datos recientemente publicados¹, en la actualidad en Estados Unidos menos del 10% de los 15 millones de operaciones de cirugía que se llevan a cabo anualmente se realizan mediante técnicas mínimamente invasivas. No se dispone de estadísticas en Europa, donde la introducción de las técnicas se encuentra aun menos avanzada, pero se estima que en los próximos cinco años el 25% del total de operaciones quirúrgicas que se lleven a cabo en los países desarrollados se realizarán mediante técnicas de cirugía de mínima invasión.

En la actualidad podemos encontrar que más de cien procedimientos de Cirugía Mínimamente Invasiva son llevados a cabo con éxito. Estos procedimientos pueden ser clasificados en función de su aceptación por parte de la comunidad

científica, de forma que su uso dependerá del entrenamiento de los especialistas.

Como se muestra en la tabla adjunta, básicamente se pueden diferenciar tres grupos. En primer lugar, se incluyen los procedimientos que son aceptados como terapias de choque o considerados como una opción razonable; en segundo lugar, se encuentran aquellos procedimientos que han demostrado ser técnicamente factibles de realizar, pero sin aceptación amplia por la comunidad quirúrgica; y, en tercer lugar, se incluirían aquellas operaciones no aceptadas actualmente, como se resume a continuación.

La lista de procedimientos de Cirugía Mínimamente Invasiva aceptados necesita de continuas revisiones, ya que el entrenamiento y la experiencia adquirida en cada uno de ellos harán que estos vayan siendo aceptados progresivamente por la comunidad quirúrgica.

En cuanto a la implantación de estas técnicas existen marcadas diferencias entre Europa y Estados Unidos. Mientras que en Estados Unidos los datos confirman el uso extendido de las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva en siete especialidades: cirugía general, ginecología, urología, cirugía plástica, cirugía torácica, cirugía cardiotorácica y cirugía vascular; en la Unión Europea, la difusión de estas técnicas ha sido mucho más lenta y de forma desigual en los diferentes países europeos. El desarrollo alcanzado por estas técnicas en Estados Unidos ha derivado en la tendencia a organizar las intervenciones de Cirugía Mínimamente Invasiva en un único quirófano para diferentes especialidades, lo cual es aún muy poco frecuente en los hospitales europeos.

¹ Technology Forecast Report in Minimally Invasive Surgery, 2004.



Hoy en día se han establecido en numerosos países centros de Cirugía Mínimamente Invasiva que proporcionan oportunidades de entrenamiento e investigación en gran variedad de especialidades. Frecuentemente estos centros también actúan como plataforma de información pública sobre el estado de estas técnicas en los campos más especializados, y de forma creciente proporcionan la formación necesaria en nuevas especialidades.

En España, el Centro de Cirugía de Mínima Invasión de Cáceres, a través de sus programas de formación e investigación en técnicas quirúrgicas de mínima invasión, ofrecidos desde 1986, es un claro ejemplo del importante desarrollo y potencial que estas técnicas están alcanzando en nuestro país.

Procedimientos aceptados	Procedimientos factibles de posible aceptación	Procedimientos no aceptados actualmente
Colecistectomía Laparoscopia diagnóstica Estadificación neoplasias Resección colon Apendicectomía Antirreflujo Resección intestino delgado Adherenciólisis Reparación hernia inguinal e incisional Esplenectomía laparoscópica Linfadectenomia Biopsias hepáticas Tratamiento de la ERGE y la achalasia Adrenalectomía laparoscópica	Resección de colon maligno Adrenalectomía Resección pancreática distal Gastroyeyunostomía Operaciones úlcera duodenal Miotomía de heller/resección gástrica Prolapso rectal Trauma abdominal Exploración VBP Cirugía oncológica	Duodenopancreatectomía cefálica By-pass aorto-iliaco Hidatidosis hepática Resecciones hepáticas mayores Exploración en paciente inestable



Metodología del estudio

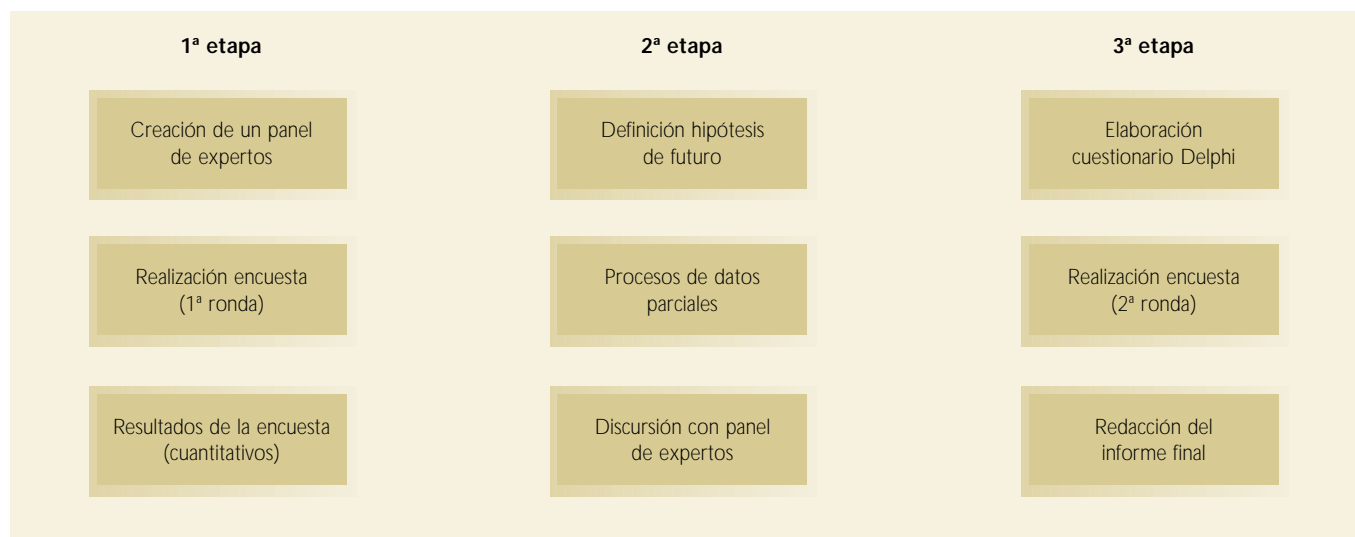
Para la realización de este estudio se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

- a) *Síntesis documental.* Como información de partida para la preparación del estudio, se han analizado las más recientes tendencias y estudios realizados en los principales países productores y generadores de tecnología y en el propio ámbito nacional y su entorno, identificando las tecnologías actuales en uso y los principales indicadores económicos del sector, así como las áreas científico-tecnológicas consideradas clave para el futuro desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva.
- b) *Panel de expertos.* Para llevar a cabo este estudio de prospectiva se ha requerido la creación de un seleccionado panel de expertos compuesto por profesionales de reconocido prestigio en el ámbito de la Cirugía Mínimamente Invasiva, procedentes de centros tecnológicos y de investigación, universidades, empresas y sector médico. Se intentó, además, que este panel tuviera una constitución homogénea en lo que se refiere a distribución geográfica, procedencia profesional y sectorial. Con su colaboración, se definieron las tendencias tecnológicas para desarrollar una visión de futuro sobre la Cirugía Mínimamente Invasiva que, en último término, serán de



gran utilidad en la toma de decisiones de carácter estratégico, tanto para las instituciones como para la industria. Cada uno de los expertos planteó una serie de temas referentes a su área de conocimiento formulándolos en términos de afirmaciones de futuro, y se confeccionó un primer borrador del cuestionario. En estos cuestionarios se trataban las tecnologías y aplicaciones más innovadoras y trascendentes, así como todos aquellos posibles acontecimientos que pudieran influir de forma significativa en la evolución de este conjunto de técnicas. El panel de expertos, que estuvo formado por 10 especialistas, constituye en gran parte la clave del éxito de este ejercicio de prospectiva, habiéndose reunido en dos ocasiones a lo largo del periodo de ejecución del estudio. Los nombres y procedencia profesional de los expertos que han participado en este estudio están recogidos en el Anexo I.

c) *Cuestionario*. En el cuestionario se recogen las hipótesis de futuro identificadas por el panel de expertos redactadas de forma homogénea y evitando la repetición de temas. Un total de 29 temas quedaron recogidos en el cuestionario (ver Anexo II). Se trataba de valorar el grado de importancia de las tecnologías seleccionadas como críticas, así como estimar su fecha de materialización y la posición competitiva de España respecto a varios factores competitivos. Por último, cada experto propuso diversos profesionales (co-nominados) que podrían responder el cuestionario, cuyas respuestas permitirían contrastar sus opiniones. El objetivo consistía en seleccionar una población lo más heterogénea posible en cuanto a procedencia profesional, distribución geográfica y perfil, es decir, investigadores, fabricantes y usuarios. De este modo los resultados obtenidos tienen una mayor validez a escala territorial y recogen las opiniones de diferentes



ámbitos de la sociedad, muchas veces poco conectados entre sí (sector industrial, investigación, académico, clínico, etc.). El cuestionario fue enviado a un total de 228 personas consideradas expertas en alguno de los ámbitos del estudio, muchas de las cuales habían sido recomendadas por los propios componentes del panel de expertos.

- d) *Análisis estadístico de la encuesta.* De los 228 cuestionarios enviados se ha recibido un total de 49 respuestas, por lo que el índice de respuesta global ha sido del 21,5%. En esta etapa se han de realizar los cálculos de resultados, el análisis de medias y modas, explicación de las desviaciones y extracción de conclusiones generales sobre los cuestionarios recibidos.
- e) *Conclusiones y redacción del informe final.* Mediante el envío de este cuestionario, y su posterior análisis, conjuntamente con el panel de expertos, se pretende valorar el grado de importancia de las tecnologías y aplicaciones seleccionadas, estimar su fecha de materialización y determinar las capacidades españolas respecto a las europeas. En una segunda reunión del panel de expertos se analizaron los resultados estadísticos de la encuesta, al tiempo que se elaboraron las conclusiones y recomendaciones que se recogen en este documento. En la siguiente figura se muestra de forma gráfica el procedimiento seguido en cualquier estudio de prospectiva.

Variables del cuestionario

El cuestionario recoge 29 temas de futuro, es decir, una serie de hipótesis relacionadas con el desarrollo tecnológico en el campo de la Cirugía Minimamente Invasiva, sobre las que se invita a reflexionar a los consultados. En cada uno de estos temas se plantean una serie de variables. En el presente estudio se han elegido las siguientes:

Nivel de conocimiento

Se refiere al grado de conocimiento o experiencia que el encuestado posee sobre cada tema y que debe autoevaluar como:

- *Alto*, significa que se considera experto o posee un conocimiento especializado sobre el tema.
- *Medio*, si posee un buen conocimiento pero no se llega a considerar experto.
- *Bajo*, si ha leído literatura técnica o escuchado a expertos relacionados con el tema.

Esta variable ha servido para descartar las opiniones vertidas por aquellos expertos que consideran su nivel de conocimiento bajo, conforme a su propia autoevaluación. Bajo este criterio, sólo se han tabulado las respuestas aportadas por los consultados con un grado de conocimiento alto y medio, con el fin de que prime la calidad de las respuestas en el estudio.



Grado de importancia

Hace referencia al grado de importancia que el tema tratado tiene para el sector de la Cirugía Mínimamente Invasiva en España:

- *Alto*, si es muy importante.
- *Medio*, si es importante.
- *Bajo*, si apenas tiene importancia.
- *Irrelevante*, si no es nada importante.

Para clasificar los temas en función del grado de importancia, se ha calculado un índice conforme a la aplicación de la siguiente fórmula:

$$IGI = \frac{4A + 3M + 2B + 1I}{N}$$

Siendo:

IGI = Índice del Grado de Importancia

A = N° de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es alto

M = N° de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es medio

B = N° de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es bajo

I = N° de respuestas que consideran que el grado de importancia del tema es irrelevante

N = N° total de respuestas

Horizonte temporal

Se refiere al momento en que el tema propuesto se va a implantar o llevar a cabo de manera bastante generalizada. El horizonte temporal abarca hasta más allá del año 2020 y ha sido dividido en tramos de cinco años. También se incluyó la opción de "Nunca" para el caso en que se opine que no llegará a implantarse.

Para el análisis de esta variable se ha registrado como fecha de materialización correspondiente a cada hipótesis la *moda* de las respuestas recibidas, es decir, aquel intervalo temporal de cinco años en el que se agrupa un mayor número de opiniones de los expertos consultados.

Posición de España respecto a otros países

Con esta variable se pretende conocer cuál es la posición de España en relación con otros países de nuestro entorno. Dicha posición esta referida a dos aspectos:

- *Capacidad científica y tecnológica*, es decir, el potencial de desarrollo científico y tecnológico existente.
- *Capacidad empresarial*, es decir la capacidad de producción y comercialización en referencia al entorno empresarial/industrial vigente.

Para cada uno de los temas, los encuestados debían otorgar una valoración entre 1 y 4 en cada una de las capacidades sometidas a su opinión (capacidad científica y tecnológica y capacidad industrial). Entre los cuatro valores discretos ofrecidos como formato de respuesta, las puntuaciones 1 y 2 corresponderían a una capacidad menos favorable, las puntuaciones 3 y 4 corresponderían a una capacidad favorable de las empresas españolas en relación

a las europeas. De esta manera, a cada tema le corresponden cuatro modas (aquellas puntuaciones registradas con la mayor frecuencia entre los encuestados), una para cada capacidad juzgada.

Amplitud del campo de aplicación

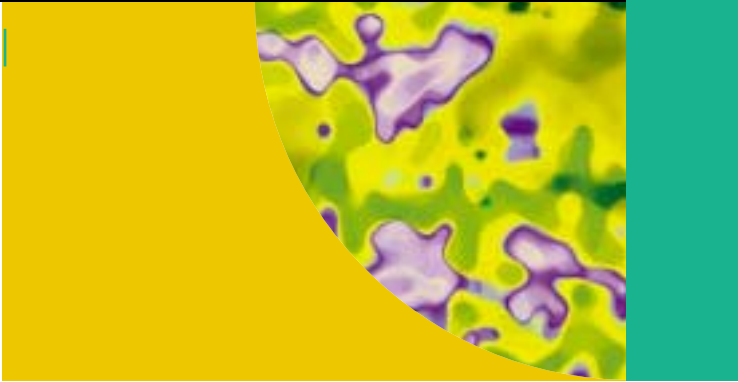
Con esta variable se pretende consultar a los expertos participantes en el estudio acerca de la extensión que el tema en cuestión tendrá en el sector. Se distingue entre:

- No se aplicará.
- Aplicación testimonial.
- Aplicación media.
- Aplicación a gran escala.

Barreras

Hace referencia a las dificultades o impedimentos que los expertos encuestados han señalado que actuarán como obstáculos o impedimentos para el conjunto de las hipótesis planteadas. La naturaleza de las mismas es:

- Científicas.
- Tecnológicas.
- Económicas.
- Facilidad de aplicación.
- Ético / Sociales.
- Normativas.

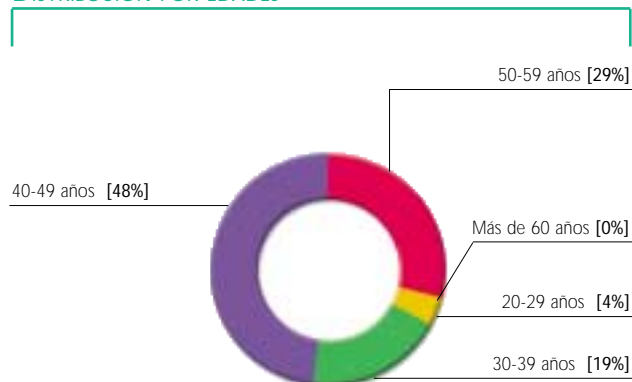


Resultados generales

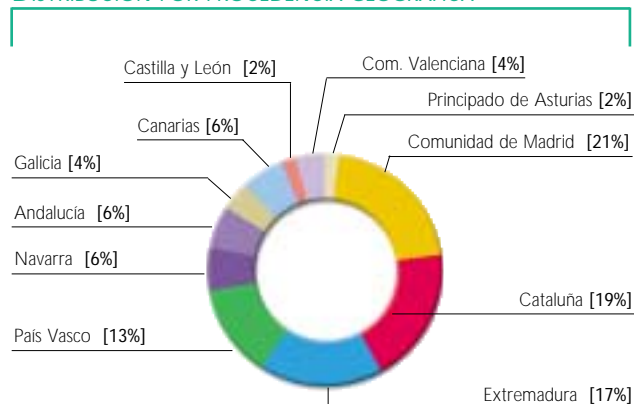
La encuesta fue enviada a 228 expertos y profesionales relacionados con el sector sanitario, cirujanos, profesional sanitario, personal investigador, empresas del sector de la tecnología sanitaria, etc., siendo respondida por 49 de ellos, lo que representa una tasa de respuesta del 21,5%.

El perfil de los expertos que han respondido la encuesta obedece, a grandes rasgos, al de un profesional de mediana edad, localizado mayoritariamente en las comunidades de Madrid, Cataluña, Extremadura y País Vasco. Destaca la comunidad de Extremadura, pues en ella se encuentra el Centro de Cirugía de Mínima Invasión, CCMI.

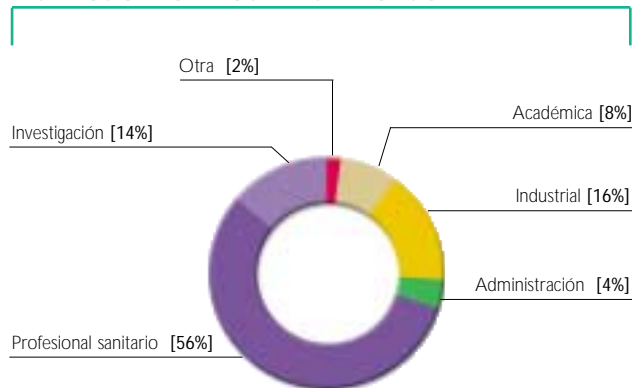
DISTRIBUCIÓN POR EDADES



DISTRIBUCIÓN POR PROCEDENCIA GEOGRÁFICA




DISTRIBUCIÓN POR PROCEDENCIA PROFESIONAL



En cuanto a su procedencia profesional, la distribución se encuentra bastante equilibrada, estando igualmente repartida entre centros de investigación, universidades, profesional sanitario y expertos de procedencia industrial. Este equilibrio, en cuanto a perfil profesional, ayuda a obtener una valoración final de los temas planteados mucho más representativa, evitando posibles desviaciones dependientes de la procedencia de los expertos. Los gráficos 1, 2 y 3 muestran estos resultados.

Respecto a la procedencia geográfica, la mayor parte de las respuestas proviene de las comunidades autónomas en las que se encuentran concentrados el mayor número de empresas, centros de investigación, universidades, etc.



Clasificación de los temas en función de la fecha de materialización y grado de importancia

El criterio principal con el que se han clasificado las hipótesis de futuro planteadas en el cuestionario ha sido el Índice de Grado de Importancia (IGI), calculado conforme a la fórmula expuesta en el apartado de metodología. Dicho índice toma valores en el intervalo de 1 a 4, siendo 4 el valor más alto.

Si analizamos el resultado en relación con esta variable, de los 29 temas que componen el cuestionario vemos que sólo una de las hipótesis ha obtenido un valor inferior a 3. Este hecho valida la bondad y calidad del cuestionario elaborado al tratarse de hipótesis todas ellas valoradas como muy importantes para el futuro del desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva. Se puede concluir además que el panel de expertos ha realizado un correcto planteamiento de los temas y que existe un cierto optimismo y confianza ante un avance innovador en el campo de la Cirugía Mínimamente Invasiva.

Analizando estos resultados sobre el índice de importancia concedido a cada uno de los temas, así como otros aspectos como la fecha de materialización, capacidad científica e industrial, etc., ha sido posible extraer ciertas conclusiones de carácter general que se exponen a continuación.

En líneas generales, se prevé que la Cirugía Mínimamente Invasiva constituirá, en un futuro próximo, un enorme mercado que permitirá la apertura de novedosas líneas de trabajo y se irá extendiendo progresivamente a multitud de especialidades en detrimento de la cirugía abierta, gracias a avances tecnológicos y a una creciente orientación de las técnicas sanitarias a obtener el máximo confort y beneficio del paciente.

Para ello, tendrán que producirse avances en dos campos simultáneamente. Por un lado, será necesario un adecuado desarrollo científico y tecnológico que permita sentar las bases apropiadas para una correcta implantación de estas técnicas. En segundo lugar, se pone de manifiesto la necesidad de llevar a cabo una labor intensiva de concienciación, tanto del colectivo médico como de la sociedad en general, con el objetivo de incrementar la demanda. Esto facilitará la plena asimilación de estas técnicas y se traducirá en una mejora de la sociedad del bienestar con fuertes implicaciones en el sistema sanitario y en la sociedad en general.

Otra de las variables fundamentales en todo ejercicio de prospectiva es la *fecha de materialización* de las hipótesis planteadas. Con el objeto de dar una visión del avance de la Cirugía Mínimamente Invasiva a lo largo de los próximos quince años, se ha realizado un análisis de los resultados obtenidos ordenándolos según la fecha prevista de materialización. A continuación se pueden observar todos los temas del cuestionario agrupados según dicho criterio y ordenados según su grado de importancia.

Como se puede constatar, la mayor parte de los temas se materializan en el periodo comprendido entre el 2009 y el 2014, siendo pocos los que aparecen antes y después de dichas fechas. Esto se debe a que en muchos casos se trata de desarrollos que se están planteando en la actualidad, pero cuya aplicación generalizada no se producirá antes de 5 a 10 años.

Actualmente, los cambios acelerados que se están experimentando en Cirugía Mínimamente Invasiva hacen que, en

Materialización hasta 2008

Nº	Hipótesis	IGI
1	Una mayor inversión de las empresas en educación, concienciación del colectivo médico y sensibilización del paciente revertirán en un incremento del uso de Cirugía Mínimamente Invasiva.	3,61
3	El auge de las intervenciones de Cirugía Mínimamente Invasiva requerirá la creación de protocolos para la estandarización de estos procesos (definición de la instrumentación, vía de abordaje, tipo de implante, etc.).	3,61
18	En la cirugía cardiaca se impondrán técnicas sin bomba, evitando así la circulación extracorpórea y los problemas asociados.	3,53
2	Los estudios coste/beneficio demostrarán la viabilidad de la inversión en técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva.	3,48



muchos casos, los centros hospitalarios no consideren factible la adquisición de nueva tecnología y el colectivo médico apenas tenga tiempo de ir asimilándolos. Por esta razón, aunque muchos de los temas planteados están siendo desarrollados en la actualidad, e incluso algunos ya están disponibles en el mercado, su maduración e implantación extendida está siendo lenta.

Entre las causas que están ralentizando la adopción de estas técnicas se encuentran la escasez de recursos humanos

especializados, la poca difusión de los avances obtenidos en diferentes especialidades, la falta de concienciación del colectivo médico y de la sociedad, la ausencia de estudios que evidencien la efectividad de estas técnicas y el análisis coste-beneficio, y el apoyo de las administraciones. Por todo ello, el desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva tiene una primera etapa de concienciación y estandarización de procedimientos para sentar las bases óptimas que permitirán una rápida evolución de estas técnicas en todas las especialidades médicas.

Materialización de 2009 a 2014

Nº	Hipótesis	IGI
15	La combinación de diferentes técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva implicará una mejora de las intervenciones y una mayor evolución de los tratamientos.	3,70
12	Incrementará el uso de instrumental que incorpore sistemas remotos de focalización de energía (por ejemplo, ultrasonidos y radiación) que permitan la ablación de tumores de próstata, pecho, hígado y pulmón sin la necesidad de una incisión.	3,70
26	Los simuladores quirúrgicos virtuales permitirán un entrenamiento del cirujano en técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, ayudando a completar y reducir el periodo de aprendizaje experimental y clínico.	3,69
25	Será generalizada la visualización digital en tres dimensiones de la zona a intervenir, obtenida mediante tomografía, ultrasonidos, resonancia magnética, etc., y servirá para la planificación quirúrgica personalizada de cada paciente antes de su intervención.	3,68
16	En cirugía ortopédica se impondrán mayoritariamente procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos en intervenciones como las artroplastias de sustitución en prótesis articulares.	3,61
27	Los sistemas de cirugía virtual inmersiva permitirán obtener un modelo real de la patología del paciente, teniendo en cuenta la naturaleza funcional de los órganos. Estos sistemas se utilizarán como herramienta de entrenamiento de la intervención antes de la operación, implicando una disminución del riesgo asociado para los pacientes.	3,59
8	Cambiará el diseño actual de los implantes y del instrumental para adaptarlos a técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva.	3,57
5	Mejorarán todos los aspectos ergonómicos que rodean la Cirugía Mínimamente Invasiva (instrumental, equipamiento, condiciones posturales, etc.).	3,57

Materialización de 2009 a 2014 (cont.)

Nº	Hipótesis	IGI
20	Existirá la posibilidad de realizar tratamiento continuado en una lesión mediante implantes vasculares reabsorbibles, aportando grandes posibilidades al tratamiento de las patologías vasculares.	3,56
9	Se desarrollarán instrumentos quirúrgicos con más grados de libertad que aumenten su capacidad de movimiento.	3,45
19	Se dispondrá de instrumental quirúrgico avanzado que proporcionará al cirujano mejor percepción de la realidad y mayor sensación de control al entrar en contacto con los tejidos que estén siendo intervenidos.	3,44
10	Los instrumentos quirúrgicos convertirán los movimientos del cirujano en movimientos a escala micrométrica, permitiendo realizar operaciones de extrema precisión.	3,43
14	Las técnicas mínimamente invasivas se implantarán como técnicas de abordaje de cualquier intervención quirúrgica.	3,42
13	La instrumentación para Cirugía Mínimamente Invasiva será más autónoma, con microfuentes de luz incorporadas en el dispositivo, y basadas en tecnologías de la información y comunicación sin hilos.	3,35
23	Se generalizará la cirugía asistida por navegador avanzado, suponiendo un paso adelante para el uso extendido de la Cirugía Mínimamente Invasiva.	3,34
6	Se mejorará la biocompatibilidad de los materiales utilizados en los implantes e instrumentación para adaptarlos a la problemática específica de las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva.	3,32
21	El futuro de la cirugía laparoscópica se encuentra ligado al desarrollo de instrumental robotizado e inteligente que permita asistir al cirujano en la determinación del mejor tratamiento y trasladar con éxito sus maniobras.	3,28
4	La evolución de los sistemas de la Cirugía Mínimamente Invasiva requerirá de equipos multidisciplinares (personal clínico y no clínico, diferentes especialistas, etc.) para llevar a cabo la intervención con éxito.	3,26
7	Se creará una nueva bomba cardíaca que en situación periférica resuelva los problemas de flujo distal y su retorno.	3,25
17	El auge de las prótesis discales de columna, impulsará la creación de técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva por vía anterior.	3,18
29	En los simuladores quirúrgicos virtuales se superará la actual dicotomía entre la máxima sensación de realidad táctil y máximo realismo visual del entorno quirúrgico de trabajo.	3,18
22	La telecirugía, junto al desarrollo de mini robots, permitirá en los próximos años desarrollar y difundir nuevas experiencias de cirugía a distancia, aplicando técnicas de mínima invasión.	3,12
28	En los próximos años existirá una "amplia oferta comercial" de simuladores quirúrgicos virtuales.	3,12



Se prevé una gran revolución tecnológica en el campo de la Cirugía Mínimamente Invasiva a partir del año 2009. Se estima que muchos de los avances tecnológicos que hoy se están desarrollando serán implantados de forma efectiva en los centros hospitalarios y se extenderá su uso entre el colectivo médico de forma generalizada.

En los próximos años las nuevas tecnologías serán introducidas de forma efectiva para educación médica, telemedicina, entrenamiento quirúrgico, planificación antes de la operación, ejecución de la intervención, y asegurar la calidad post-operatoria. De entre estos temas con fecha de materialización entre el año 2009 hasta el 2014, destacan aquellos relacionados con nuevas modalidades de obtención y visualización de imágenes en tres dimensiones (hipótesis 25), y la mejora de la resolución de los métodos existentes: la terapia guiada por imágenes (hipótesis 25 y 26); el desarrollo de instrumentación adaptada (hipótesis 8 y 5); y las nuevas fuentes de energía (hipótesis 12), que son el fundamento del futuro de la terapia mínimamente invasiva.

Los temas que tendrán una implantación generalizada en un periodo de tiempo más lejano están relacionados con desarrollos multidisciplinares en el campo de la bioingeniería. Las investigaciones en los campos que tratan dichos temas son aún muy incipientes.

Posición de España respecto a otros países

En el presente estudio de prospectiva se ha evaluado la posición de España respecto a otros países de nuestro entorno en relación con cada una de las hipótesis de la encuesta. Como se ha comentado anteriormente, la valoración se ha realizado en dos aspectos diferentes:

- Capacidad científica y tecnológica.
- Capacidad empresarial.

En términos generales, tanto las capacidades científicas como las empresariales en el campo de la Cirugía Mínimamente Invasiva son claramente desfavorables a la capacidad de desarrollo de otros países industrializados. Del análisis de los resultados obtenidos se deriva que la capacidad científica y tecnológica, sin ser relevante, es sensiblemente mejor que nuestra capacidad empresarial, es decir, que existen desarrollos interesantes en el ámbito clínico y científico, pero se carece de un tejido empresarial capaz de comercializar con éxito dichos avances.

Es necesario realizar un importante esfuerzo en términos de concienciación y sensibilización para conseguir que la Cirugía Mínimamente Invasiva sea una realidad aceptada y alcanzar los niveles de desarrollo en los que se encuentran países como Estados Unidos.

Materialización de 2015 a 2019

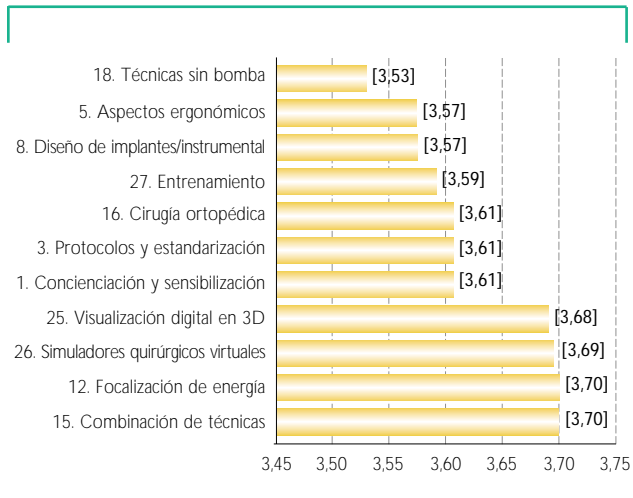
Nº	Hipótesis	IGI
11	La incorporación de sensores en los instrumentos permitirá realizar análisis in situ pudiendo así intervenir, de manera selectiva, sobre los tejidos dañados.	3,39
24	Se desarrollarán microrrobots para Cirugía Mínimamente Invasiva que, gracias a la incorporación de sensores específicos o sistemas de guiado remoto (por ejemplo magnéticamente), estarán dotados de control autónomo.	2,81

Tendencias de futuro más relevantes

De la exposición anterior se ponen de manifiesto una serie de tendencias que marcarán el desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva en los próximos años.

El siguiente gráfico refleja de forma esquemática estos resultados.

IGI





La combinación de diferentes técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva implicará una mejora de las intervenciones y una mayor evolución de los tratamientos

Hipótesis 15

IGI: 3.70

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Desfavorable

Capacidad empresarial: Desfavorable

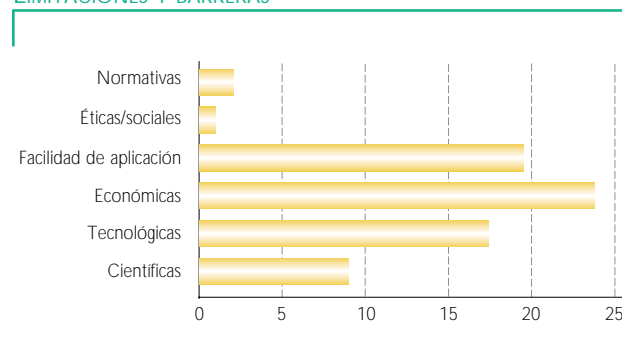
Amplitud de aplicación: Gran/Media escala

El futuro de la Cirugía Mínimamente Invasiva es prometedor en muchas especialidades médicas, además de aquellas en las que ha demostrado ser una solución eficaz. Actualmente, la aplicación de estas técnicas, que comprenden la casi totalidad de especialidades médico-quirúrgicas (microcirugía, laparoscopia, endoscopia, radiología intervencionista, etc.), no se está realizando de forma simultánea. La razón principal es la carencia de una combinación apropiada de técnicas de diagnóstico e intervención que facilite la participación de diferentes equipos médicos en las intervenciones quirúrgicas.

Una de las tendencias más destacadas es la integración de diferentes modalidades que resultará en sistemas híbridos más complejos que integren nanotecnologías, dispositivos microelectrónicos y sistemas de imagen multimodal en 3 y 4 dimensiones.

Esta falta de combinación de técnicas conduce a situaciones en las que distintos pacientes, con el mismo tipo de afección, siguen diferentes tratamientos atendiendo a la especialidad del profesional sanitario correspondiente (endoscopista,

LIMITACIONES Y BARRERAS



intervencionista o cirujano). En muchos casos, se propicia esta situación al no existir aún una definición clara de la técnica quirúrgica más conveniente.

El desarrollo de nuevas técnicas requiere un análisis científico a fin de valorar el impacto real de su uso. Las dificultades en este análisis se deben, entre otras, a la existencia de escasos estudios aleatorios e insuficientes análisis coste-beneficio cuando los resultados obtenidos tras la aplicación de estas técnicas son similares a otros de menor coste. A estas dificultades hay que añadir el tratamiento de afecciones por especialistas que sectorizan el nuevo procedimiento y lo aíslan del resto de las alternativas ya existentes, etc.

Sin duda, el factor multidisciplinar impulsará el uso común de estas técnicas, constituyendo el camino ideal para la solución de gran parte de las dificultades mencionadas anteriormente y permitiendo el intercambio de experiencias en todo momento. Con este fin, se deben crear equipos multidisciplinarios, compuestos por especialistas de distintos campos, que evalúen la mejor opción para solucionar cada problema de manera individual. El paciente ha de ser el verdadero protagonista y beneficiario de los avances en Cirugía Mínimamente Invasiva.

De esta forma, el rápido crecimiento de las sociedades laparoscópicas multidisciplinares, formadas por miembros de múltiples disciplinas que intercambian ideas fuera de su propia especialidad, ha conducido a importantes adelantos técnicos debido a que tecnologías innovadoras, desarrolladas para un procedimiento específico, son valoradas por otros especialistas como una solución práctica para aplicar en otros procedimientos.

En resumen:

- La elección de un método quirúrgico debe estar por encima de los conocimientos parcializados, ya que lo más importante es el conocimiento integral de la enfermedad.
- El cirujano moderno debe conocer todos los alcances de cada procedimiento, ya que su decisión sobre la técnica quirúrgica o método es fundamental para el resultado óptimo de la intervención.

De este concepto trasciende el mero hecho de quién debe efectuar el procedimiento, ya que es primordial determinar el mejor procedimiento y obtener unos resultados comparables con niveles existentes para cada uno de ellos.

Incrementará el uso de instrumental que incorpore sistemas remotos de focalización de energía (por ejemplo, ultrasonidos y radiación) que permitan la ablación de tumores de próstata, pecho, hígado y pulmón sin la necesidad de una incisión

Hipótesis 12

IGI: 3.70

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Favorable

Capacidad empresarial: Favorable

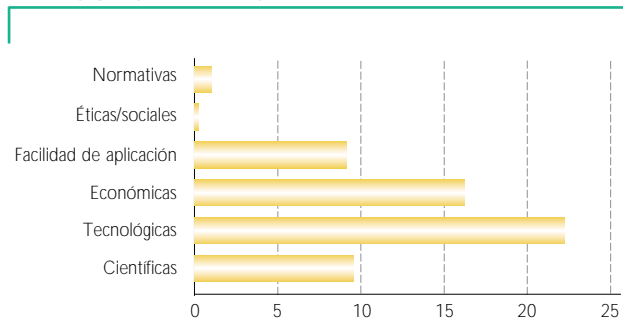
Amplitud de aplicación: Media escala

El concepto de Cirugía Mínimamente Invasiva, llevado al extremo, derivaría en el hecho de no tocar al paciente y tratarle sin tener que practicarle el más mínimo corte, ya sea con medicamentos, con ondas o rayos. En este aspecto, la Cirugía Mínimamente Invasiva, mediante el desarrollo de instrumentos y la mejora de las técnicas quirúrgicas, ha ganado terreno en su implantación como opción terapéutica en casos seleccionados de cáncer.

La liberación de energía guiada por imágenes combina imágenes con nuevas formas de energía y presenta un gran potencial para reemplazar número elevado de procedimientos quirúrgicos ablativos. Son buenos ejemplos de aplicación de esta técnica el cáncer de mama, tumores hepáticos y otras lesiones en órganos sólidos. Algunos métodos



LIMITACIONES Y BARRERAS



térmicos de liberación de energía, como son la hipertermia por láser, la ablación por radiofrecuencia, la criocirugía, y la ultrasonografía concentrada de alta intensidad, pueden destruir lesiones pequeñas (2 cm o menos).

Los ultrasonidos focalizados de alta intensidad (High-Intensity Focused Ultrasonography – HIFU) representan una modalidad terapéutica emergente basada en la destrucción tisular mediante la focalización de energía térmica de forma precisa y en un corto tiempo de emisión sin afectar a los tejidos adyacentes. Sin embargo, se trata de una tecnología en desarrollo que requiere experiencia y práctica continua del médico que pretende su implementación. Diversas limitaciones técnicas restringen por ahora la efectividad de los HIFU, especialmente el escaso contraste ecográfico existente entre tejidos sometidos a la termoablación y los circundantes, siendo por tanto deficiente la correlación entre el tamaño real de la lesión y las medidas ecográficas de la misma, tras el tratamiento, y la deficiente monitorización de la temperatura aplicada.

Otra tecnología con un futuro prometedor es la *tecnología láser*. En la práctica, el *láser* es un haz de luz concentrado que, al ser dirigido sobre una parte de un tejido del cuerpo humano, es absorbido por el mismo, produciendo la evaporación o desaparición de la zona afectada. De esta forma, un cirujano puede eliminar un tumor sin tocarlo, sólo dirigiendo un rayo de luz láser hacia el tejido tumoral. Aunque se han desarrollado varios tipos de láser (Argón, CO₂, Neodmium-Yag, etc.) existe, aún, un gran inconveniente: al tocar el tejido humano, el láser vaporiza el punto con el cual hace contacto, pero a su vez genera una gran zona de calor alrededor de ese punto, y pueden aparecer quemaduras incontrolables más allá de la zona que el cirujano desea operar.

En la actualidad existe un nuevo tipo de láser llamado "Holmium-Yag", también conocido como *láser de contacto*, mediante el cual la irradiación de calor fuera del punto en que se aplica es mínima, resolviendo de esta manera el principal inconveniente que implicaba la utilización de este tipo de tecnología en cirugía de precisión. El láser de contacto es un instrumento novedoso en el arsenal terapéutico de la tecnología biomédica actual, pero su *coste*, dado que se trata de tecnología de vanguardia, es mucho mayor que el de otros tipos de láser.

Hoy por hoy estas técnicas se contemplan como complementarias (como herramientas de diagnóstico y como método de clasificación de las lesiones tumorales de alta sensibilidad y especificidad). Aún se está muy lejos de la aplicación de métodos selectivos sobre un tejido, y la imposibilidad de contacto directo con los órganos comprometidos constituye una situación en la que aún se mantiene una gran distancia con los procedimientos tradicionales.

Los simuladores quirúrgicos virtuales permitirán un entrenamiento del cirujano en técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, ayudando a completar y reducir el periodo de aprendizaje experimental y clínico

Hipótesis 26

IGI: 3.69

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Favorable

Capacidad empresarial: Desfavorable

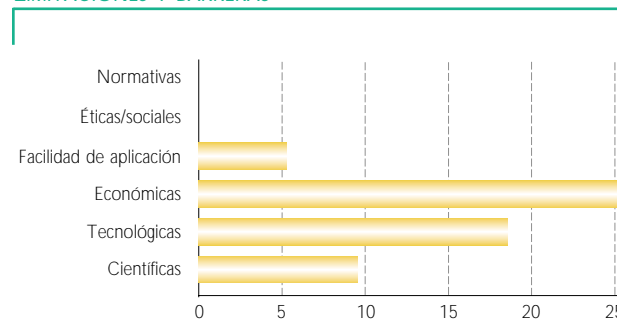
Amplitud de aplicación: Gran/Media escala

La complejidad de los procedimientos quirúrgicos en Cirugía Mínimamente Invasiva, debido a la escasa visibilidad y la reducida operabilidad de las herramientas, conlleva a seguir un proceso de aprendizaje y entrenamiento, tanto de los cirujanos como del personal involucrado, que se considera esencial y crítico.

Actualmente, el aprendizaje se realiza mediante cadáveres, fantomas, animales vivos o pacientes reales siempre bajo la supervisión de expertos. Estos métodos de entrenamiento presentan una serie de inconvenientes:

- Diferencias anatómicas entre animales y seres humanos.
- Los animales intervenidos durante el entrenamiento están sanos, mientras que los seres humanos presentan patologías.

LIMITACIONES Y BARRERAS



- El entrenamiento con animales o pacientes vivos no permite deshacer o repetir acciones de forma indefinida hasta su correcto aprendizaje.
- Escasa difusión del conocimiento dado que sólo un limitado número de personas pueden ser entrenadas por un cirujano experimentado.
- La formación en la sala de operaciones es esencial pero no proporciona el entorno óptimo para practicar nuevas técnicas debido al riesgo que conlleva con respecto al paciente.

Los entornos virtuales representan una alternativa al esquema tradicional de formación, posibilitando la creación de ambientes de simulación interactivos en tres dimensiones donde el cirujano tiene las mismas percepciones visuales y táctiles que durante una operación a un paciente real. La simulación quirúrgica se basa en modelar y simular el comportamiento elástico de los órganos y de las herramientas que intervienen en una determinada operación, utilizando una interfase háptica (sensaciones táctiles) que permite manipular, cortar o coser de una forma dinámica y geométricamente correcta modelos de órganos, tejidos e implantes simulados en el ordenador.



Los sistemas de simulación quirúrgica tienen un impacto claro en la reducción de errores quirúrgicos durante la curva de aprendizaje, proporcionando un entorno donde existe menor riesgo para el paciente, reduce su estrés, y se mejora la repetibilidad. Los entornos virtuales también proporcionan una ventaja adicional ya que es posible modelar escenarios, utilizando modelos provenientes de imágenes médicas, que sirvan de entrenamiento o estudio de patologías complejas, severas o poco frecuentes.

Hoy en día el uso de simuladores es absolutamente experimental. La principal limitación tecnológica es la simulación dinámica de objetos deformables. Se necesita realizar una investigación más detallada y profunda para construir modelos de tejidos deformables realistas y eficientes, y una buena fidelidad de la interacción háptica con dichos objetos en tiempo real, al existir interacción con el escenario (sangrado, temperatura, etc.). Además, la evolución en el desarrollo de sistemas informáticos (capacidad de los microprocesadores, interfase hombre-máquina) y de diagnóstico por imagen es fundamental, ya que es necesario disponer de imágenes en tres dimensiones que permitan apreciar la sensación de profundidad de campo (hipótesis 25).

También es crítico el desarrollo de metodologías de formación y la verificación de la transferencia de habilidades del simulador al cirujano para poder llegar a estandarizar la formación y acreditación en Cirugía Minimamente Invasiva.

Una vez más, para el pleno desarrollo de estas tecnologías, las comunidades médica y académica han de actuar conjuntamente y de forma multidisciplinar.

Será generalizada la visualización digital en tres dimensiones de la zona que se deba intervenir, obtenida mediante tomografía, ultrasonidos, resonancia magnética, etc., y servirá para la planificación quirúrgica personalizada de cada paciente antes de su intervención

Hipótesis 25

IGI: 3.68

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Desfavorable

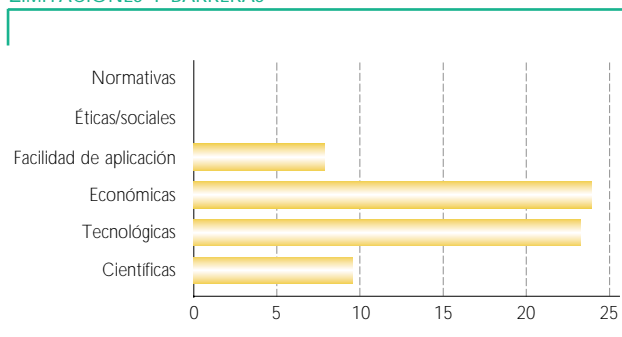
Capacidad empresarial: Desfavorable

Amplitud de aplicación: Gran/Media escala

El uso de la visualización en tres dimensiones permite solventar una de las principales limitaciones de la Cirugía Minimamente Invasiva, la pérdida de percepción de profundidad o visión estereoscópica. Con este fin, se están desarrollando equipos informáticos y programas con un coste asequible, que permitirán la manipulación interactiva de volúmenes en tres dimensiones. De esta forma, la computación avanzada en 3D puede convertirse en la herramienta más útil con la que la medicina afronte operaciones de riesgo y se consiga implantar la planificación quirúrgica personalizada al paciente antes de entrar a quirófano.

A través de la visualización en tres dimensiones, el cirujano puede analizar previamente el campo que se va a intervenir, desde su propio ordenador y en 3D, obteniendo información

LIMITACIONES Y BARRERAS



de medidas y volumen. Además, también puede analizar las imágenes desde cualquier ángulo y acceder a cualquier zona sin ninguna limitación. Todas estas ventajas le ayudan a planificar por completo la intervención quirúrgica.

El desarrollo del software que permita la integración de información anatómica, funcional y fisiológica es fundamental para la construcción de un modelo tridimensional de la parte del cuerpo que se va a tratar a partir de información real del paciente obtenida mediante tomografía, ultrasonografía, resonancia magnética, angiografía, endoscopia endocavitaria, radiología convencional, etc.

Para que las imágenes tengan el máximo grado de realismo en tres dimensiones, han de ser visualizadas por el cirujano usando técnicas estereoscópicas y deben identificarse con alta resolución los órganos, los tejidos y las lesiones en las imágenes de un modo que sea intuitivo y no intrusivo en el quirófano.

La tomografía de coherencia óptica (Optical Coherence Tomography - OCT) es una técnica de imágenes ópticas de elevada resolución (10 mm). Este dispositivo puede ser incorporado al sistema de fibra óptica, obteniendo imágenes de tejidos de 3 mm de profundidad y detectando distorsiones de la arquitectura que son los estadios iniciales de las neoplasias.

Se prevé la implantación de estos sistemas a corto plazo, ya que se cuenta con una tecnología desarrollada y disponible, aplicada al sector de implantes y al de lesión. El precio actual es uno de sus principales problemas. No existen barreras tecnológicas pero sí lentitud *del* sistema sanitario en la incorporación de los equipos debido a su *coste*.



Una mayor inversión de las empresas en educación, concienciación del colectivo médico y sensibilización del paciente revertirán en un incremento del uso de Cirugía Mínimamente Invasiva

Hipótesis 1

IGI: 3.61

Fecha materialización: Hasta el 2008

Capacidad científica/tecnológica: Favorable

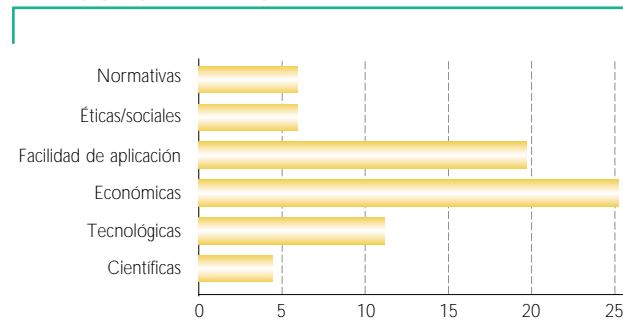
Capacidad empresarial: Desfavorable

Amplitud de aplicación: Media escala

Las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva, si bien a corto plazo representan una inversión económica importante para los centros hospitalarios, también conllevan un ahorro sanitario que hace que los procedimientos sean económicamente efectivos dado que los enfermos están menos tiempo ingresados, se recuperan antes y se reduce el tiempo de incapacidad temporal, contribuyendo de este modo a una mejor sostenibilidad del sistema sanitario.

Aun así, las autoridades nacionales y comunitarias han de enfrentarse a la realidad: escasez de conocimientos técnicos, recursos humanos insuficientes y una velocidad de innovación elevada. Tanto las Administraciones como la industria deben estimular y dar más facilidades a la innovación y a la concienciación, sobre estos puntos, al colectivo médico y a la sociedad en general.

LIMITACIONES Y BARRERAS



A fin de conseguir una mayor difusión de estas técnicas, la formación de profesionales sanitarios se ha convertido en una cuestión fundamental. Actualmente, en la formación del cirujano general, el aprendizaje de las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva implica:

- Un mejor conocimiento de la anatomía topográfica.
- La incorporación de la técnica intervencionista.
- El conocimiento de alcance de cada procedimiento.

Por experto que sea un cirujano en cirugía convencional, tiene que ser consciente de que la Cirugía Mínimamente Invasiva exige la adquisición de una nueva manera de aprender. Operar siguiendo como guía un monitor sin visión tridimensional, con instrumental a distancia, sin sensación táctil directa, con aparatos desconocidos y en continuo cambio, obliga a adquirir técnicas y gestos quirúrgicos totalmente nuevos, además de las complicaciones derivadas de la interdisciplinariedad. Esto implica el uso simultáneo de diferentes tecnologías como la ingeniería mecánica, los biomateriales, la electrónica, la informática, las imágenes de diagnóstico y la óptica. Actualmente, es posible certificarse y hacer entrenamiento con método científico mediante cursos con experiencia práctica

en animales, simuladores para realizar las diferentes maniobras y vídeos educativos sobre técnicas en las distintas patologías. A la dificultad de aprendizaje de estas técnicas, se une la dificultad de los especialistas en dedicar tiempo a la formación debido a una sobrecarga de trabajo, materializada en largas listas de espera de pacientes en los hospitales. Uno de los problemas de fondo reside en el sistema educativo actual, que dilata en el tiempo la entrada en el mercado profesional de los graduados. Antes de iniciarse en técnicas de mínima invasión, el profesional sanitario necesita tener experiencia tanto en cirugía general como en una especialidad concreta, estimándose un tiempo mínimo de 10-12 años para adquirir la experiencia suficiente e iniciarse como profesional especialista en técnicas de cirugía de mínima invasión.

Se necesita facilitar la formación y el aprendizaje fuera del contexto de especialidad. En España se realizan aún un número reducido de intervenciones de Cirugía Mínimamente Invasiva debido a que, entre otros motivos, son escasos los servicios que cuentan con la tecnología y formación práctica necesaria. Por el contrario, en otros países, como Estados Unidos, es habitual crear unidades específicas para las que se contrata a especialistas en el manejo de estas técnicas.

Existe gran desinformación, incluso entre los propios profesionales, sobre el alcance y beneficios de la Cirugía Mínimamente Invasiva. Hay que destacar la importancia de una buena gestión del conocimiento en beneficio del paciente, verdadero usuario y beneficiario de estas técnicas. Los avances deben ahora centrarse en una definición precisa de qué operaciones deben realizarse con técnicas mínimamente invasivas, los métodos más efectivos para la formación de cirujanos en estas técnicas, así como en el desarrollo de nuevas tecnologías que impulsen, definitivamente, este tipo de intervenciones.

El auge de las intervenciones de Cirugía Mínimamente Invasiva requerirá la creación de protocolos para la estandarización de estos procesos (definición de la instrumentación, vía de abordaje, tipo de implante, etc.)

Hipótesis 3

IGI: 3.61

Fecha materialización: *Hasta el 2008*

Capacidad científica/tecnológica: *Favorable/Desfavorable*

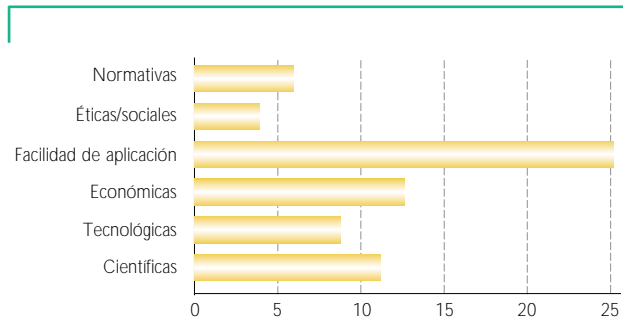
Capacidad empresarial: *Desfavorable*

Amplitud de aplicación: *Media escala*

La Cirugía Mínimamente Invasiva está compuesta por un conjunto de procedimientos complicados, fundamentalmente debido a su limitado campo de actuación y a la falta de percepción de profundidad, requiriendo instrumentación y procedimientos de actuación específicos. A esto es necesario añadir la novedad de estas técnicas en muchas especialidades y la necesidad de aprendizaje por parte del cirujano. A medida que se va extendiendo el uso de estas técnicas, debido a sus innumerables beneficios respecto a la cirugía tradicional, se pone de manifiesto la falta de estándares para llevar a cabo las operaciones de manera adecuada y conseguir una buena difusión de estos procedimientos entre el colectivo médico, especialmente en algunas especialidades.



LIMITACIONES Y BARRERAS



Actualmente, las directivas no especifican soluciones tecnológicas que deben adoptar los fabricantes, tanto de prótesis como de instrumentación, y éstos se ven obligados a actuar de forma reactiva lanzando productos al mercado que reflejen el estado actual de la técnica para favorecer el progreso tecnológico. De este modo, cada tipo de implante obliga a un determinado tipo de intervención y la instrumentación no siempre responde a las necesidades del cirujano.

Es necesaria la creación de normativa y protocolos básicos de actuación para el diseño, mantenimiento y manipulación de instrumental e implantes, mediante comités técnicos de normalización en los cuales colaboren todas las partes implicadas e industrias fabricantes con el objetivo de definir un marco de especificaciones mínimas (materiales, diseño, colores, dureza, fiabilidad, resistencia, etc.) y protocolos de actuación (vía de abordaje, post-operatorio, etc.).

Un quirófano actual debe estar equipado con instrumentación estándar específica para Cirugía Mínimamente Invasiva que pueda ser utilizada por cirujanos generales, ginecólogos, urólogos y otros especialistas.

A pesar de los costes económicos que supone la definición de protocolos de estandarización, su creación facilitará la extensión de la técnica, empezando por laparoscopia que es la más similar a la tradicional, seguida de la endoscopia y otras.

En cirugía ortopédica se impondrán mayoritariamente procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos en intervenciones como las artoplastias de sustitución en prótesis articulares

Hipótesis 16

IGI: 3.61

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Favorable

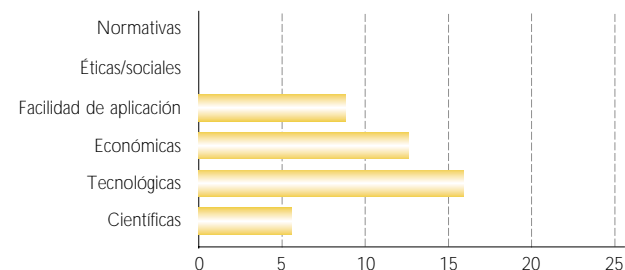
Capacidad empresarial: Desfavorable

Amplitud de aplicación: Media escala

De forma contraria a la revolución que ha supuesto el uso de técnicas mínimamente invasivas en diversas especialidades, la cirugía ortopédica es uno de los campos menos evolucionados entre otras cosas porque no se están aplicando patrones multidisciplinares. En este campo se ha de continuar progresando para permitir una fácil inserción de prótesis y la fijación de fracturas.

La cirugía ortopédica mínimamente invasiva ha dado como resultado la realización de incisiones menores en las intervenciones, reduciendo la agresión quirúrgica al paciente y el sangrado, y logrando un postoperatorio más rápido. Estos aspectos evitan el paso por la UVI y las transfusiones de sangre, y además reducen el trauma de los tejidos colindantes, lo cual supone una recuperación más rápida, un menor tiempo de hospitalización, una rehabilitación menos dolorosa y una menor alteración de las estructuras anatómicas normales. Por otro lado, el porcentaje de complicaciones también es

LIMITACIONES Y BARRERAS



menor (infecciones, luxaciones de la prótesis y trombo en las piernas) y el paciente puede incorporarse a su vida habitual con mayor rapidez.

Actualmente, la sustitución completa de la articulación es una intervención quirúrgica muy efectiva en términos de recuperación de las funciones y reducción del tamaño de la cicatriz y la agresión a los tejidos blandos, ya que se accede a la articulación a través de un pequeño orificio, evitando las secciones musculares. Además, los avances técnicos y el desarrollo de nuevos equipos ha permitido tener acceso a las articulaciones más pequeñas, ya que el artroscopio permite mejorar la visualización de muchas de las estructuras de la articulación respecto a una gran incisión abierta.

En cirugía ortopédica el desarrollo de instrumental y su ergonomía viene dado por el reducido tamaño del campo utilizado para la implantación protésica. Dicho tamaño implica que el implante debe fijarse con una preparación ósea en la que parte del hueso queda oculta a la inspección visual, lo que dificulta el trabajo en el campo quirúrgico. Los nuevos diseños de instrumental incluirán las fuentes de luz y la visión endoscópica en un monitor externo, además del uso de navegación para conseguir correcciones óseas



angulares precisas y reproducibilidad de resultados en los procedimientos realizados por diferentes cirujanos. Se estima que en cinco años la mayoría de procedimientos ortopédicos estarán asistidos por navegación. Durante la cirugía, la pantalla del ordenador permite visualizar los ejes que informan sobre el grado de deformidad del miembro, en función del cual se practican los cortes del hueso con una inclinación precisa. Los sistemas de navegación que están siendo desarrollados (que miden el tamaño del implante así como su forma, ajuste y rellenado del hueco de la articulación) pueden ayudar al cirujano en su formación ya que proporcionan una confirmación visual y verificación, permitiendo una implantación de la prótesis más precisa.

La sustitución de articulaciones mediante técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva es difícil para el cirujano y requiere un largo proceso de aprendizaje, incluso para cirujanos experimentados. Se considera fundamental contar con una buena base práctica y una formación adecuada ya que las demandas de alineamiento de componente, posicionamiento y equilibrio en tejidos blandos son elevadas. La ejecución de esta técnica se realiza casi "a ciegas" e implica el uso de instrumentación específicamente desarrollada

y que, normalmente, sólo se suministra a aquellos especialistas que realizan la formación necesaria. Es necesario un proceso educativo distinto para crear y facilitar el entrenamiento requerido para estos procedimientos.

Otro aspecto importante es la necesidad de modificación del diseño de las prótesis, ya que se están implantando las mismas prótesis que con las técnicas convencionales, que están realizadas de material trabecular. A medida que el diseño y el material vayan evolucionando, se podrá llegar a hacer intervenciones con el modelo de cirugía mayor ambulatoria y con incisiones aún menores.

En traumatología se ampliarán las indicaciones de la cirugía de mínima incisión. Los procedimientos mínimamente invasivos están siendo desarrollados con inserciones percutáneas de platos de fijación y tornillos. En el tratamiento de fracturas con Cirugía Mínimamente Invasiva existen grandes limitaciones tecnológicas. Los últimos avances para tratar las fracturas apuntan hacia la inyección percutánea de cemento líquido de baja viscosidad, nuevos sistemas de osteosíntesis en la línea del mínimo daño tisular y nuevas sustancias, obtenidas de cultivos celulares, como la BMP (proteína morfogenética) capaz de inducir la formación ósea.

Los sistemas de cirugía virtual inmersiva permitirán obtener un modelo real de la patología del paciente, teniendo en cuenta la naturaleza funcional de los órganos. Estos sistemas se utilizarán como herramienta de entrenamiento de la intervención antes de la operación, implicando una disminución del riesgo asociado para los pacientes

Hipótesis 27

IGI: 3.59

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Desfavorable

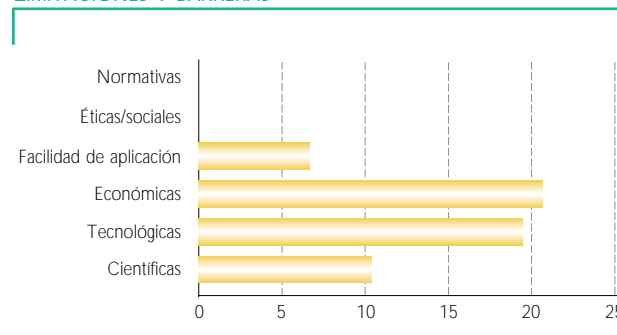
Capacidad empresarial: Desfavorable

Amplitud de aplicación: Media escala

Las técnicas de visualización en tres dimensiones están evolucionando hacia técnicas de realidad virtual inmersiva. Esta particularidad de la hipótesis 26, tratada con anterioridad, requiere el pleno desarrollo de los simuladores y la tecnología de imagen (hipótesis 25) para conseguir modelos de realidad virtual personalizados para cada intervención, hasta llegar a convertirse en una práctica habitual antes de someter a un paciente a una intervención de cirugía.

En los sistemas de realidad virtual inmersiva, el tiempo y la imagen son absolutamente virtuales y están controlados directamente por el cirujano, que se encuentra completamente

LIMITACIONES Y BARRERAS



inmerso dentro del campo de actuación. El usuario percibe el entorno como imagen tridimensional en la que está inmerso a través de un sistema de videoculografía, generado íntegramente por ordenador. La visión estereoscópica aumenta la percepción de profundidad y el sentido de espacio.

Aunque el potencial que ofrece el uso de entornos de realidad virtual inmersiva para aplicaciones en Cirugía Mínimamente Invasiva es muy amplio, existen grandes barreras tecnológicas que limitan actualmente su uso experimental. La realidad virtual inmersiva se encuentra aún en un estado primario de desarrollo debido a las significativas deficiencias en el hardware de entrada y salida, simulación de las características de los órganos, velocidad de los microprocesadores, aspectos ergonómicos, aplicaciones de software, desarrollo de entornos, técnicas de interacción, coste, fiabilidad, etc.

Además, la falta de estandarización dificulta el uso de instrumental de diagnóstico virtual. Esta dificultad se acentúa con la constante evolución de las prótesis y el instrumental, lo cual supone una reformulación completa.



Cambiará el diseño actual de los implantes y del instrumental para adaptarlos a técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva

Hipótesis 8

IGI: 3.57

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Desfavorable

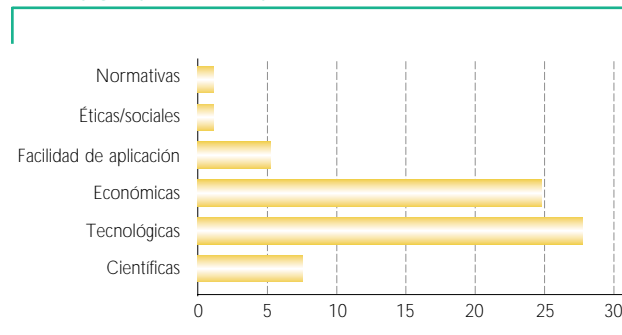
Capacidad empresarial: Desfavorable

Amplitud de aplicación: Media

Los avances tecnológicos han ampliado el rango de procedimientos quirúrgicos que pueden emplear técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva en diferentes especialidades, creando un mercado multimillonario para equipos e instrumental especializado.

Cuando empezaron a expandirse las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva, los cirujanos empleaban los mismos equipos e instrumental que el utilizado en cirugía convencional. La primera generación de instrumentos para cirugía laparoscópica eran pequeñas herramientas colocadas al final de un mango. A medida que la experiencia práctica ha ido creciendo, se ha generado la necesidad de instrumental distinto, adaptado a las particularidades de cada tipo de intervención con Cirugía Mínimamente Invasiva. Se necesitan separadores de pulmón, pinzas atraumáticas para tomar el parénquima sin dañarlo, trócares más cortos y sin mecanismos valvulares, espátulas y curetas, pinzas tipo doble utilidad y tijeras con angulaciones. En todos estos instrumentos varían el diámetro y la longitud.

LIMITACIONES Y BARRERAS



Los avances en instrumentación médica deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales: seguridad, esterilización y minituarización para reducir aún más la invasión. Los nuevos desarrollos en instrumentación deben estar orientados a la integración de sensores, mejora de la ergonomía y la incorporación de instrumental telemanipulado, todo ello orientado a conseguir una buena combinación de técnicas de inspección, diagnóstico y cirugía en un solo paso. La próxima generación de equipos e instrumentos mejorarán en seguridad y confort para el cirujano y el paciente, gracias a variaciones en su forma de apertura, inclinación del extremo distal, longitud del mango, etc., y se incluirá equipamiento de alta tecnología como monitores y equipamiento de imagen, aparatos electroquirúrgicos, instrumentos portátiles, robótica, equipos auxiliares y accesorios con un nuevo diseño, que aportan mayor precisión que el instrumental quirúrgico actual. A pesar de los años transcurridos, el instrumental existente actualmente, sobre todo el de corte y sutura, no se adecua óptimamente a las necesidades en Cirugía Mínimamente Invasiva. En este sentido se están destinando importantes recursos económicos a la investigación para obtener pegamentos de sutura, selladores y dispositivos que tendrán un explosivo crecimiento en el mercado, en detrimento de los productos tradicionales como grapas y suturas. También es necesario desarrollar

instrumental laparoscópico menor de 1 cm y mejorar los instrumentos para que puedan ser introducidos por un trócar. En cuanto a los implantes, actualmente se realizan empleando el mismo material y básicamente la misma morfología que en la década de los sesenta, es decir, el titanio y en forma de rosca. Son necesarios diseños más pequeños, plegables y expandibles para el uso de técnicas de abordaje mínimo.

En este contexto, se necesita un enfoque multidisciplinar que proporcione una mayor comprensión del cuidado del paciente.

El área endovascular es un campo explorado en profundidad, mientras que el área de trauma ortopédica necesita aún evolucionar en la aplicación de técnicas mínimamente invasivas.

Las compañías fabricantes de instrumental médico, dada la rápida y cambiante evolución de sus productos, están optando por nuevos modelos de marketing como el “pago por uso”, a fin de conseguir una mayor aceptación por parte del colectivo médico. Esta fórmula está siendo aceptada muy positivamente, ya que permite evitar la obsolescencia tecnológica a un coste razonable sin tener que hacer grandes inversiones.

Mejorarán todos los aspectos ergonómicos que rodean a la Cirugía Mínimamente Invasiva (instrumental, equipamiento, condiciones posturales, etc.)

Hipótesis 5

IGI: 3.57

Fecha materialización: 2009-2014

Capacidad científica/tecnológica: Desfavorable

Capacidad empresarial: Desfavorable

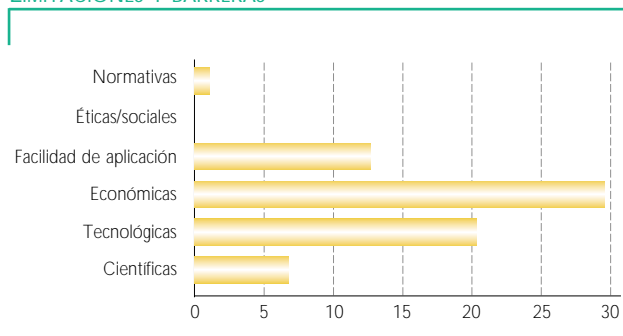
Amplitud de aplicación: Gran escala

Las presiones de reducción de coste unidas al incremento de la complejidad tecnológica y a la poca adaptación del equipo utilizado, tanto quirófanos como instrumental, se traduce en fatiga e incomodidad del cirujano durante las operaciones de Cirugía Mínimamente Invasiva. Existe, por tanto, la necesidad de evaluar la integración ergonómica y conveniencia del entorno de los quirófanos para conseguir los objetivos de eficiencia, seguridad y confort de todo el equipo que lleva a cabo la operación.

Uno de los principales problemas ergonómicos asociados a la Cirugía Mínimamente Invasiva es la postura no neutral durante la operación. Existen cinco aspectos principales que influyen en la postura del cirujano: el diseño del instrumental, la posición del monitor, el uso de pedales de control diatérmicos, la altura de la mesa de operaciones (apenas ajustada) y la postura estática del cuerpo en cirugías de larga duración.



LIMITACIONES Y BARRERAS



Los procedimientos de Cirugía Mínimamente Invasiva se llevan a cabo en la mayoría de los casos en quirófanos diseñados para cirugía convencional, en los cuales la disposición, desde el punto de vista ergonómico, no es adecuada para procedimientos de Cirugía Mínimamente Invasiva. Es necesario un diseño ergonómico de quirófono, con estudios de campo.

En el diseño de instrumentación no siempre es considerado el confort físico y emocional del usuario. El diseño requiere de un análisis de necesidades (posturales, layout del quirófono, utilización multidisciplinar, etc.) y no únicamente aspectos técnicos. El diseño de los instrumentos es especialmente relevante ya que los mangos son, en su mayoría, ergonómicamente inadecuados e ineficientes para una adecuada transmisión de fuerza, todo ello conduce a la fatiga e incomodidad del cirujano y puede llegar a traducirse en parestesia en las manos.

La postura estática del cuerpo conlleva fatiga en las piernas, agravada por movimientos extremos de los miembros superiores y la cintura en una amplia zona de trabajo y la rigidez del cuello. La otra postura problemática es específica de la cirugía videoasistida, donde el cirujano está reclinado sobre el paciente para manejar los instrumentos desde el exterior del cuerpo mientras gira la parte superior del cuerpo para observar el efecto de su utilización en un monitor de vídeo situado en el exterior.

La Cirugía Mínimamente Invasiva es un reto quirúrgico que se ha visto beneficiado por las nuevas tecnologías, pero requiere de un nuevo entorno de trabajo flexible y evolutivo. La configuración personal de equipos elegida por cada cirujano, la reorganización de la sala de operaciones y la posición del monitor, el diseño de la mesa de operaciones e instrumentación específica ayudarán a superar los actuales problemas ergonómicos constituyendo un gran nicho de mercado para las empresas desarrolladoras de instrumental.

En la cirugía cardíaca se impondrán técnicas sin bomba, evitando así la circulación extracorpórea y los problemas asociados

Hipótesis 18

IGI: 3.53

Fecha materialización: Hasta el 2008

Capacidad científica/tecnológica: Favorable

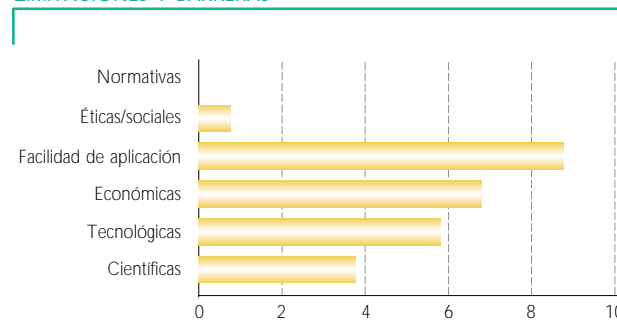
Capacidad empresarial: Favorable

Amplitud de aplicación: Media escala

Uno de los campos con mayor aplicación de las técnicas mínimamente invasivas es la cirugía cardiovascular. Sin duda, las técnicas de abordaje cardíaco mínimamente invasivas están cambiando el futuro de las operaciones coronarias y valvulares, ofreciendo a los pacientes ventajas sustanciosas. En el caso de una intervención en la que, en lugar de abrir el esternón y parar el corazón, se realizara vía pequeñas incisiones en el tórax y las suturas coronarias se practicaran con el corazón latiendo, los resultados serían un menor número de horas de estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos, una reducción de la estancia en el hospital y del tiempo total de recuperación, así como una disminución de las complicaciones postoperatorias.

Utilizar la revascularización arterial completa sin circulación extracorpórea, es decir, inmovilizar parcialmente el corazón en el punto en el que se va a intervenir, permite actuar sobre la arteria dañada sin necesidad de detener este órgano. Para ello, se utilizan estabilizadores epicárdicos que permiten estabilizar –unos mediante succión y otros mediante compresión– una pequeña área del corazón. Durante la operación el paciente mantiene su propia circulación pulmonar y cardíaca,

LIMITACIONES Y BARRERAS



de manera que no presenta los efectos secundarios, como la hemodilución o los que se derivan del empleo de dispositivos externos. De esta forma se disminuyen los problemas neurológicos, el sangrado y las infecciones postoperatorias ya que se evita la reacción inflamatoria sistémica desencadenada por la circulación extracorpórea. Este aspecto es una gran ventaja de esta técnica, siempre que la cirugía se realice con la misma calidad en términos de injertos y de permeabilidad.

Los intereses de las compañías que fabrican instrumentos quirúrgicos son tan grandes que quedan pocas dudas de que los problemas técnicos se van a resolver con el paso del tiempo. De hecho, los especialistas prevén que dentro de pocos años los puentes coronarios a las arterias enfermas se realizarán con el corazón latiendo, mediante pequeñas incisiones y con el uso de instrumentos especiales y de endoscopios intratorácicos.

A pesar de que las técnicas sin bomba son, hoy en día, una realidad para parte de las intervenciones cardíacas, la revascularización sin circulación extracorpórea no se puede aplicar a todos los pacientes y tampoco, de entrada, puede ser ejecutada por todos los cirujanos, requiriendo un aprendizaje progresivo. En este sentido, es necesario seleccionar muy bien a los pacientes e ir incrementando la especialización para conseguir ampliar el número de pacientes.



Conclusiones

Probablemente ningún otro progreso ha causado tanto impacto en la comunidad quirúrgica como el desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva respecto a la cirugía convencional. Este cambio revolucionario está siendo posible gracias al continuo desarrollo de la tecnología endoscópica, equipos de instrumental laparoscópico, equipos ópticos y mejora del instrumental especializado que engloba las técnicas endoluminales y, de forma especial, la denominada cirugía endovascular, así como a la innovación y perfeccionamiento de técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas. Es fundamental la concienciación y entrenamiento que están experimentando todos los recursos humanos implicados (cirujanos, ayudantes, anestesistas, enfermeros instrumentistas y circulantes) y el cambio de mentalidad del paciente que exige de forma creciente el desarrollo de tecnologías que repercutan en una mejora de su calidad de vida.

De los resultados del estudio se puede deducir que la gran revolución científico-tecnológica ya ha tenido lugar, aunque aún se trata de tecnologías emergentes en plena evolución. Por el contrario, está por llegar una auténtica revolución social que se materializará en la implantación definitiva de estas técnicas gracias, fundamentalmente, a las presiones comerciales de las compañías fabricantes de equipos, la

concienciación del colectivo médico y el cambio de mentalidad del paciente, que debe recuperar su posición como verdadero usuario en torno al cual girarán todos los desarrollos que tendrán lugar en el futuro.

De todos modos, existen una serie de factores que están ralentizando la rápida implantación que estos procedimientos están experimentando en otros países como Estados Unidos:

- Presiones presupuestarias de los hospitales, reacias a la implantación de nuevos procedimientos que requieren fuertes inversiones en tiempo y personal correctamente formado.
- La curva de aprendizaje de estas técnicas es mucho más lenta, y por tanto el cirujano requiere una gran inversión de su tiempo en aprender estas técnicas.
- Falta de evidencia contrastada y documentada sobre estudios coste-beneficio que evidencien la efectividad de estos procedimientos.
- Falta de formación en procedimientos de Cirugía Mínimamente Invasiva en el sistema educativo actual y escasez de cursos de entrenamiento para adquirir un nivel de experiencia adecuado.
- Conservacionismo del colectivo médico que se siente cómodo con las técnicas tradicionales.
- Competencia entre diferentes especialidades en muchas áreas.
- Resistencia a las presiones comerciales.
- Tecnologías no maduras que aun hoy están experimentando una rápida evolución.
- Medidas políticas que restringen el número de nuevos procedimientos aceptados.

No obstante, el avance e implantación de las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva es hoy una realidad imparable. El futuro desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva

está marcado por su carácter multidisciplinar, y tendrá lugar en cinco aspectos: concienciación, investigación, instrumentación, educación y orientación al paciente

- a) *Concienciación.* Se sentarán las bases adecuadas para potenciar el desarrollo de gran variedad de técnicas de mínima invasión en la práctica totalidad de especialidades médicas. El pleno desarrollo de la Cirugía Mínimamente Invasiva requiere de una mejor integración entre diferentes disciplinas (matemáticas, biología, medicina, física e ingeniería) así como propiciar el intercambio de experiencias entre diferentes especialidades médicas y potenciar la comunicación entre servicios y centros de investigación a fin de consolidar experiencias de docencia e investigación, propiciar el desarrollo de nuevas técnicas e identificar oportunidades en otras especialidades. Los procesos de estandarización y los análisis coste-beneficio que evidencien la efectividad de estos procedimientos serán claves para concienciar al colectivo médico, a las administraciones y al paciente.
- b) La *investigación básica* y el desarrollo de nuevas tecnologías de la información deben servir para la extensión a nuevas especialidades y campos gracias a avances en tecnología de imagen, nuevas fuentes de energía, terapia guiada por imágenes y el desarrollo de instrumentación adaptada. También es necesaria más investigación que conduzca a la combinación de diferentes modalidades de Cirugía Mínimamente Invasiva en un único procedimiento que permita la extensión a nuevas áreas en las que no existe actualmente evidencia del beneficio que estas técnicas aportan al paciente.
- c) Con respecto a la *instrumentación*, los desarrollos futuros vienen marcados por la sencillez de uso, ergonomía y utilización multidisciplinar. Aún se ha de avanzar más en la miniaturización del instrumental quirúrgico, la automatización y la robótica. Será destacable y decisivo el papel de la industria fabricante de equipos que está dotando a

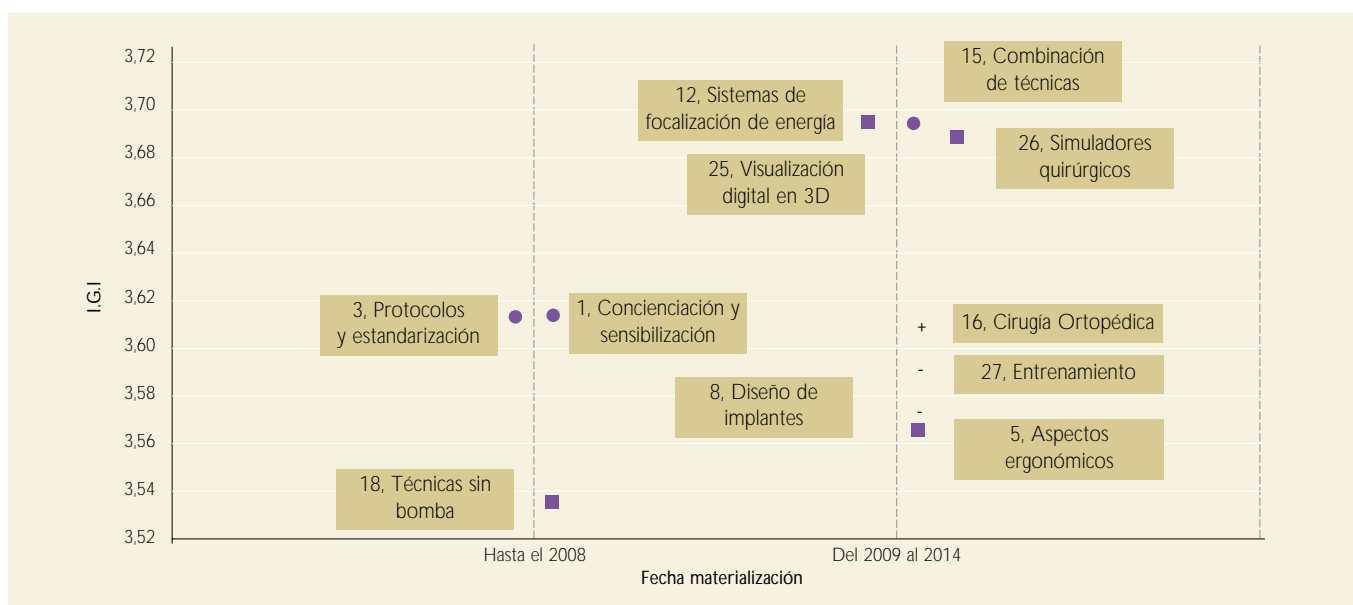


los cirujanos de la tecnología necesaria, y será una de las principales fuerzas impulsoras de la implantación de estas técnicas.

- d) La posibilidad de implementar *aspectos educacionales* de una forma rápida gracias a las nuevas tecnologías será una realidad que permitirá entrenamiento, acreditación y actualización del colectivo médico. Se prevé que estos avances tengan gran impacto en los sistemas educativos, que además deberán tener en cuenta la necesidad de formación médica multidisciplinar.
- e) *Orientación al paciente*. La demanda del paciente será el principal factor que potencie el desarrollo e implantación de las técnicas de mínima invasión. En esta línea, dos aspectos serán determinantes: la información al paciente y el impacto demográfico. Se ha de tener en cuenta que el 80% de las enfermedades ocurren en el último periodo

de la vida, y por tanto el envejecimiento progresivo de la sociedad provocará un aumento en la demanda de estas técnicas.

En la actualidad existe gran desinformación, incluso entre los propios profesionales, sobre el alcance y beneficios de la Cirugía Mínimamente Invasiva. De todos modos, los avances científico-tecnológicos, junto con la sensibilización del paciente y el cambio de mentalidad en el sistema sanitario, supondrán un gran impacto para el colectivo médico, los usuarios y la política sanitaria en general. Como resultado de todo ello, el conjunto de la industria sanitaria española podrá ver reforzada su posición estratégica en este campo, derivando en una notoria mejoría de la sociedad del bienestar que busca aunar recursos a favor de una mejor calidad de vida, incluyendo la salud en este término.



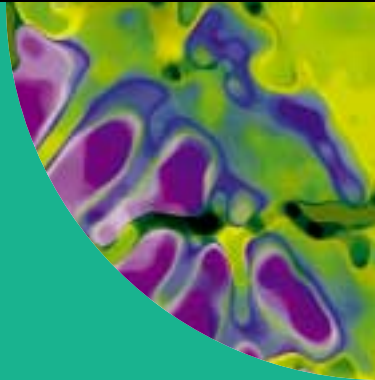


Anexo 1

Listado miembros
del panel de
expertos



Experto	Procedencia	Área temática
José Manuel Tevar	Industrial	Departamento Comercial CENTER PULSE IBÉRICA S.A. GRUPO ZIMMER
Miguel Álvarez	Investigación	Gerente CENTRO DE CIRUGÍA DE MINIMA INVASIÓN (CCMI)
Isabel Maier	Industrial	Especialista de Producto GUIDANT
Manuel Maynar	Profesional sanitario	Director Unidad Diagnóstico y Terapéutica Endoluminal HOSPITEN RAMBLA
José Luis Peris	Investigación	Investigador Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV)
Olga Sánchez	Industrial	Jefe de Producto de Energía JOHNSON&JOHNSON
Juan José Domínguez / Javier Sánchez	Administración	Director Gabinete de Estudios y Análisis / Coordinador de I+D SERVICIO EXTREMEÑO DE SALUD
Miguel Oribe	Industrial	Jefe de Producto de Columna SYNTHES-STRATEC
Fernando Villaverde	Industrial	Jefe Grupo Productos STRYKER HOWMEDICA IBERICA
Jesús Sanabria	Industrial	Director Comercial TRAIBER



Anexo II

Cuestionario con los resultados del estudio

Cuestionario. Cirugía Mínimamente Invasiva	Nivel de conocimiento			Grado de importancia				Fecha de materialización				Amplitud de aplicación				Limitaciones y barreras				Capacidad científica			Capacidad empresarial							
	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta 2008	2009-2014	2015-2019	< del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Aplicación media	A gran escala	Científicas	Tecnológicas	Económicas	Facilidad aplic.	Éticas/sociales	Normativas	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja
1 Una mayor inversión de las empresas en educación, concienciación del colectivo médico y sensibilización del paciente revertirán en un incremento del uso de Cirugía Mínimamente Invasiva.	22	22	5	29	13	2	0	27	16	0	1	0	0	0	28	16	5	12	26	20	7	7	6	18	15	5	3	15	21	5
2 Los estudios coste/beneficio demostrarán la viabilidad de la inversión en técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva.	20	25	4	25	15	4	0	28	15	1	0	0	2	3	25	14	9	8	26	16	2	7	3	21	18	2	4	15	22	4

Cuestionario. Cirugía Mínimamente Invasiva		Nivel de conocimiento			Grado de importancia				Fecha de materialización				Amplitud de aplicación			Limitaciones y barreras					Capacidad científica			Capacidad empresarial							
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta 2008	2009-2014	2015-2019	< del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Aplicación media	A gran escala	Científicas	Tecnológicas	Económicas	Facilidad aplic.	Éticas/sociales	Normativas	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja
3	El auge de las intervenciones de Cirugía Mínimamente Invasiva requerirá la creación de protocolos para la estandarización de estos procesos (definición de la instrumentación, vía de abordaje, tipo de implante, etc.).	25	19	5	31	9	4	0	23	19	1	0	0	1	3	23	17	12	9	13	26	4	6	8	16	16	3	3	12	22	5
4	La evolución de los sistemas de la Cirugía Mínimamente Invasiva requerirá de equipos multidisciplinares (personal clínico y no clínico, diferentes especialistas, etc.) para llevar a cabo la intervención con éxito.	26	17	6	22	12	7	2	18	22	1	1	0	1	5	27	9	5	12	21	20	3	8	4	19	14	4	3	13	20	5
5	Mejorarán todos los aspectos ergonómicos que rodean a la Cirugía Mínimamente Invasiva (instrumental, equipamiento, condiciones posturales, etc.).	25	20	4	26	17	1	0	19	23	2	0	0	1	3	18	22	7	21	30	13	0	1	9	14	16	5	4	12	18	9
6	Se mejorará la biocompatibilidad de los materiales utilizados en los implantes e instrumentación para adaptarlos a la problemática específica de las técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva.	16	22	11	20	12	4	2	5	24	5	2	1	1	1	27	8	15	22	21	8	1	1	3	11	16	7	1	8	17	11
7	Se creará una nueva bomba cardiaca que en situación periférica resuelva los problemas de flujo distal y su retorno.	3	12	33	6	8	2	0	2	12	2	0	0	0	4	8	4	6	8	10	4	1	1	0	6	8	2	0	5	8	3

Cuestionario. Cirugía Minimamente Invasiva		Nivel de conocimiento			Grado de importancia				Fecha de materialización				Amplitud de aplicación			Limitaciones y barreras					Capacidad científica			Capacidad empresarial							
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta 2008	2009-2014	2015-2019	< del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Aplicación media	A gran escala	Científicas	Tecnológicas	Económicas	Facilidad aplic.	Éticas/sociales	Normativas	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja
8	Cambiará el diseño actual de los implantes y del instrumental para adaptarlos a técnicas de Cirugía Minimamente Invasiva.	14	28	7	26	14	2	0	12	24	4	1	0	0	3	23	15	8	28	25	6	1	1	7	10	14	10	3	8	19	11
9	Se desarrollarán instrumentos quirúrgicos con más grados de libertad que aumenten su capacidad de movimiento.	20	22	7	22	17	3	0	12	25	3	1	0	0	4	22	15	5	28	23	10	0	0	4	15	14	7	4	7	20	9
10	Los instrumentos quirúrgicos convertirán los movimientos del cirujano en movimientos a escala micrométrica, permitiendo realizar operaciones de extrema precisión.	14	21	13	17	16	2	0	4	18	11	2	0	0	8	18	9	8	27	18	9	0	0	2	12	14	8	1	7	16	12
11	La incorporación de sensores en los instrumentos permitirá realizar análisis in situ pudiendo así intervenir, de manera selectiva, sobre los tejidos dañados.	8	22	17	15	13	3	0	4	8	12	5	1	0	7	17	5	9	20	16	6	0	0	1	7	15	8	1	3	16	11
12	Incrementará el uso de instrumental que incorpore sistemas remotos de focalización de energía (por ejemplo, ultrasonidos y radiación) que permitan la ablación de tumores de próstata, pecho, hígado y pulmón sin la necesidad de una incisión.	9	24	16	23	10	0	0	9	18	4	2	0	0	2	20	11	10	22	17	9	0	1	1	14	10	7	0	13	9	10
13	La instrumentación para Cirugía Minimamente Invasiva será más autónoma, con microfuentes de luz incorporadas en el dispositivo, y basadas en tecnologías de la información y comunicación sin hilos.	12	25	12	15	21	0	1	4	22	7	2	0	1	1	24	10	6	28	20	7	0	0	0	12	15	8	1	4	19	10



Cuestionario. Cirugía Mínimamente Invasiva		Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización					Amplitud de aplicación			Limitaciones y barreras					Capacidad científica			Capacidad empresarial							
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta 2008	2009-2014	2015-2019	< del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Aplicación media	A gran escala	Científicas	Tecnológicas	Económicas	Facilidad aplic.	Éticas/sociales	Normativas	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja
14	Las técnicas mínimamente invasivas se implantarán como técnicas de abordaje de cualquier intervención quirúrgica.	20	23	6	22	17	4	0	4	22	5	8	3	3	3	18	18	10	20	18	20	3	1	3	13	16	6	2	8	23	5
15	La combinación de diferentes técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva implicará una mejora de las intervenciones y una mayor evolución de los tratamientos.	23	20	6	30	13	0	0	15	20	6	1	0	0	1	21	20	9	18	24	20	1	2	6	15	16	5	5	11	20	6
16	En cirugía ortopédica se impondrán mayoritariamente procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos en intervenciones como las artroplastias de sustitución en prótesis articulares.	9	14	24	15	7	1	0	9	11	2	0	0	0	0	17	5	6	16	12	9	0	0	0	11	9	3	0	8	11	4
17	El auge de las prótesis discales de columna, impulsará la creación de técnicas de Cirugía Mínimamente Invasiva por vía anterior.	7	15	24	8	11	2	1	7	10	3	0	2	1	4	12	5	5	12	9	9	1	1	1	7	11	3	1	8	10	3
18	En la cirugía cardíaca se impondrán técnicas sin bomba, evitando así la circulación extracorpórea y los problemas asociados.	7	8	32	8	7	0	0	8	4	3	0	0	0	2	12	1	4	6	7	9	1	0	1	7	5	2	2	6	4	3
19	Se dispondrá de instrumental quirúrgico avanzado que proporcionará al cirujano mejor percepción de la realidad y mayor sensación de control al entrar en contacto con los tejidos que estén siendo intervenidos.	16	20	12	19	14	3	0	8	19	6	1	1	0	2	24	8	9	24	18	12	0	0	3	11	13	7	3	6	16	9

Cuestionario. Cirugía Minimamente Invasiva		Nivel de conocimiento			Grado de importancia				Fecha de materialización				Amplitud de aplicación				Limitaciones y barreras				Capacidad científica			Capacidad empresarial							
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta 2008	2009-2014	2015-2019	< del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Aplicación media	A gran escala	Científicas	Tecnológicas	Económicas	Facilidad aplic.	Éticas/Sociales	Normativas	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja
20	Existirá la posibilidad de realizar tratamiento continuado en una lesión mediante implantes vasculares reabsorbibles, aportando grandes posibilidades al tratamiento de las patologías vasculares.	5	11	32	10	5	1	0	2	10	2	2	0	0	2	11	3	6	12	9	1	0	1	1	6	6	3	1	3	6	6
21	El futuro de la cirugía laparoscópica se encuentra ligado al desarrollo de instrumental robotizado e inteligente que permita asistir al cirujano en la determinación del mejor tratamiento a aplicar y trasladar con éxito sus maniobras.	13	23	12	17	13	5	1	5	16	8	5	0	0	10	18	7	9	25	23	7	0	0	0	15	10	9	1	5	15	13
22	La telecirugía, junto al desarrollo de minirobots, permitirá en los próximos años desarrollar y difundir nuevas experiencias de cirugía a distancia, aplicando técnicas de mínima invasión.	14	19	16	11	15	7	0	1	13	12	7	0	1	12	14	5	8	21	24	8	4	1	0	10	15	8	0	7	14	11
23	Se generalizará la cirugía asistida por navegador avanzado, suponiendo un paso adelante para el uso extendido de la Cirugía Minimamente Invasiva.	12	20	16	14	15	3	0	6	15	7	4	0	0	7	19	5	5	20	20	11	1	0	3	9	11	9	1	7	15	9
24	Se desarrollarán microrrobots para Cirugía Minimamente Invasiva que, gracias a la incorporación de sensores específicos o sistemas de guiado remoto (por ejemplo, magnéticamente), estarán dotados de control autónomo.	8	19	21	5	13	6	2	0	8	8	8	2	2	9	13	3	9	23	15	9	1	1	0	9	7	11	0	5	9	13



Cuestionario. Cirugía Mínimamente Invasiva		Nivel de conocimiento			Grado de importancia			Fecha de materialización				Amplitud de aplicación			Limitaciones y barreras					Capacidad científica			Capacidad empresarial								
		Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Irrelevante	Hasta 2008	2009-2014	2015-2019	< del 2020	Nunca	No se aplicará	Testimonial	Aplicación media	A gran escala	Científicas	Tecnológicas	Económicas	Facilidad aplic.	Éticas/sociales	Normativas	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja	Alta	Medio-Alta	Medio-Baja	Baja
25	Será generalizada la visualización digital en tres dimensiones de la zona que se va a intervenir, obtenida mediante tomografía, ultrasonidos, resonancia magnética, etc., y servirá para la planificación quirúrgica personalizada de cada paciente antes de su intervención	20	18	11	28	8	2	0	11	19	4	2	0	0	1	18	17	10	23	24	8	0	0	5	14	15	3	2	11	16	8
26	Los simuladores quirúrgicos virtuales permitirán un entrenamiento del cirujano en técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas, ayudando a completar y reducir el periodo de aprendizaje experimental y clínico.	22	17	10	28	10	1	0	12	19	7	0	0	0	2	20	16	10	19	27	6	0	0	4	17	12	5	3	9	16	10
27	Los sistemas de cirugía virtual inmersiva permitirán obtener un modelo real de la patología del paciente, teniendo en cuenta la naturaleza funcional de los órganos. Estos sistemas se utilizarán como herramienta de entrenamiento de la intervención antes de la operación.	16	17	15	22	10	2	0	4	17	11	2	0	0	2	20	12	11	20	21	7	0	0	4	12	13	4	1	9	14	8
28	En los próximos años existirá una "amplia oferta comercial" de simuladores quirúrgicos virtuales.	17	19	13	9	21	3	1	9	20	5	1	0	0	4	25	5	4	21	26	5	0	2	2	16	9	8	2	9	16	8
29	En los simuladores quirúrgicos virtuales se superará la actual dicotomía entre la máxima sensación de realidad táctil y máximo realismo visual del entorno quirúrgico de trabajo.	14	14	20	9	16	2	1	3	15	8	0	0	1	2	21	4	6	18	16	7	0	0	2	12	9	4	1	9	12	5

Patronato de la
Fundación Observatorio
de Prospectiva
Tecnológica Industrial

MIN. Ministerio de Industria, Turismo
y Comercio

CDTI. Centro para el Desarrollo
Tecnológico Industrial

CIEMAT. Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales y
Tecnológicas

CSIC. Consejo Superior de
Investigaciones Científicas

IDAE. Instituto para la Diversificación
y Ahorro de Energía

OEPM. Oficina Española de Patentes y
Marcas

FECYT. Fundación Española para la
Ciencia y la Tecnología

Fundación EOI

AINIA. Instituto Tecnológico
Agroalimentario

Fundación ASCAMM

CITMA. Centro de Innovación
Tecnológica del Medio Ambiente

Fundación ICT. Institut Català de
Tecnologia

Fundación INASMET

INESCOP. Instituto Tecnológico del
Calzado y Conexas

IOS. Institut Químic de Sarrià

Fundación Genoma España

