



VI CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA
APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
4, 5 y 6 de junio de 2015
“Generación de Nuevas Técnicas
de Diagnóstico y Tratamiento”

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN DISPOSITIVO DE ALTA VELOCIDAD PARA LA
MANIPULACIÓN DE MICROINJERTOS DE PIEL.**

Guadalupe Esmeralda Ibarra Silva^a, Juan Antonio Cárdenas Galido^a, Walfre Franco^b.

^aUniversidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. esmeralda.ibarra@alumnos.uaslp.edu.mx,
antonio.cardenas@uaslp.mx

^bWellman Center for Photomedicine, Massachusetts General Hospital. Department of Dermatology, Harvard
Medical School. wfranco@mgh.harvard.edu

RESUMEN

Recientemente se propuso la técnica de injerto fraccional de piel (IFP) como un procedimiento alternativo al método convencional de injertos de piel de espesor parcial (IEP) para el tratamiento de heridas [1]. Dicha técnica consiste en la recolección de cientos de columnas microscópicas de tejido, para después colocarlas directamente en la zona herida.

En un estudio comparativo de tratamiento de heridas en cerdos, se demostró que IFP proporciona un nivel de curación superior tanto en la herida como en la zona donante de piel. Este estudio se realizó con un prototipo que extrae columnas de tejido, de una en una, mediante la inserción manual de una aguja con una geometría de corte particular [2]. Esto convierte a la técnica en un procedimiento lento y tedioso, ya que la velocidad de extracción de columnas depende de la habilidad del usuario: para una herida de 2.25 cm^2 se necesitan aproximadamente 50 columnas, un usuario con experiencia las extrae aproximadamente en 1 minuto. Por esta razón se tiene la necesidad de diseñar un dispositivo de alta velocidad para la manipulación de microinjertos de piel.

En este trabajo se presentan las especificaciones de diseño y funcionamiento que el dispositivo debe cumplir y tomándolas en cuenta se hicieron tres propuestas de principios de funcionamiento: neumático, eléctrico y electroneumático. Dichas propuestas fueron evaluadas utilizando la herramienta QFD (Quality Function Deployment) que permite entender la prioridad de las necesidades del usuario y encontrar respuestas a ellas. Del análisis se determinó que la propuesta más adecuada es el dispositivo electroneumático, que será evaluado experimentalmente en una etapa futura.

Un dispositivo automatizado de alta velocidad ofrece el potencial de tratar heridas mucho más extensas en cuestión de minutos, un aspecto fundamental de implementación clínica de IFP para tratamiento de pacientes.

OBJETIVO

Evaluación del diseño para un dispositivo de alta velocidad para la manipulación de microinjertos de piel.



VI CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD 4, 5 y 6 de junio de 2015 “Generación de Nuevas Técnicas de Diagnóstico y Tratamiento”

INTRODUCCIÓN

Hay dos formas diferentes para la sanación de heridas: la cicatrización y la regeneración. La cicatrización es una manera natural de llenar rápidamente heridas grandes con una disposición irregular de los elementos del tejido conectivo. La regeneración es un proceso que reemplaza el tejido mientras se mantiene la estructura microscópica original (sin dejar cicatriz). Es decir, la cicatrización es estimulada por daño en el tejido a gran escala y la regeneración sucede a pequeña escala. En base a esto, se propone la técnica de injerto fraccional de piel (IFP), basada en la extracción de cientos de pequeñas columnas de tejido sano para ser implantadas en la zona de la herida dejando un daño mínimo.

Para la validación de dicha técnica se realizó un estudio comparativo de injerto de espesor parcial (IEP) e injerto fraccional de piel (IFP) en cerdos (comúnmente utilizados como modelos de piel humana) en el que se observaron arrugas en la superficie de la piel de la zona de la herida con la técnica IEP y una textura lisa con IFP. Para las zonas donantes, las pequeñas heridas causadas por IFP sanaron rápidamente sin dejar cicatriz y 7 semanas después de que se realizó el injerto, la zona logró recuperarse completamente, en el caso de la técnica IEP se tuvo una sanación más lenta y con cicatriz visible y demostrada histológicamente [1].

El dispositivo utilizado en el estudio mencionado consiste en una aguja hipodérmica con dos bordes de corte y un dispositivo de fluidos en el que cada columna extraída es removida de la aguja de cultivo mediante presión negativa y transportada hasta un recipiente a través de un ducto con flujo de aire y solución salina. La velocidad alcanzada con este dispositivo es de aproximadamente de 1 columna/segundo y depende de la habilidad del usuario, lo que limita la aplicación de dicha técnica para heridas de mayor tamaño.

Para el tratamiento de heridas mucho más extensas mediante la técnica de IFP es necesaria la implementación de un dispositivo de alta velocidad para la manipulación de las columnas microscópicas de tejido, en el que la eficiencia no se vea afectada por la habilidad del usuario y el tamaño de la herida no sea una limitante. En el presente trabajo se muestra la metodología seguida para el desarrollo del diseño conceptual de dicho dispositivo.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el diseño conceptual se propone la siguiente metodología:

1. Definición del problema o necesidad.
2. Elementos del problema o restricciones de diseño.
3. Propuestas de diseño
4. Evaluación.
5. Selección.



RESULTADOS

1. Definición del problema

En este trabajo, la necesidad que se desea satisfacer es la extracción y cultivo de columnas de tejido de manera rápida para la aplicación en heridas de mayor tamaño.

2. Restricciones de Diseño.

Las restricciones de diseño fueron establecidas en base a las necesidades del tipo de usuarios y del ambiente en que se utilizará el dispositivo, dichas restricciones fueron las siguientes:

- Dispositivo de sencilla operación.
- Capacidad de mantener la vitalidad de las columnas de tejido.
- Dispositivo ligero.
- Ergonómico.
- Portátil.
- De rápida operación.
- Contador de número de extracciones o cultivos.
- Fácil mantenimiento.
- Sencilla fabricación.
- Bajo costo de producción.

3. Propuestas de Diseño.

Para lograr satisfacer la necesidad principal y tomando en cuenta las restricciones de diseño anteriores, se proponen tres tipos diferentes de dispositivos, en la tabla 1 se mencionan las ventajas y desventajas de cada uno.

Dispositivo	Neumático	Eléctrico	Electroneumático
Ventajas	- Bajo costo de producción. - Sistemas seguros. - Fácil construcción.	- Alta precisión. - Sencilla instalación. - Fácil control.	- Sistemas seguros. - Alta precisión. - Fácil control.
Desventajas	- Alto costo de producción a largo plazo. - Velocidad y presión difíciles de controlar.	- Potencia limitada	- Alto costo de producción.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las propuestas de principios de funcionamiento.



VI CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA
APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
4, 5 y 6 de junio de 2015
“Generación de Nuevas Técnicas
de Diagnóstico y Tratamiento”

4. Evaluación

Para la evaluación de las propuestas de diseño se empleó la herramienta QFD (Quality Function Deployment) que permite identificar las necesidades y expectativas de los usuarios y priorizarlas en función de su importancia. QFD utiliza un método gráfico (matriz) en el que se expresa la relación entre los deseos del usuario y las características del diseño. Las expectativas y necesidades de los usuarios son recolectadas mediante técnicas de investigación y en la matriz se organizan los datos obtenidos [3]. La Figura 1 muestra la matriz QFD, en los renglones se incluyen las necesidades del usuario (a las que se les otorga un grado de importancia dependiente del objetivo principal del dispositivo) y en las columnas las características de diseño y mediante símbolos se expresa la relación que existe entre ellas. En la parte superior de la matriz se evalúa que tan relacionadas están entre si las características de diseño. Con esto, se determina cual es la característica de diseño con mayor importancia, en este caso, como era esperado resultó el dispositivo multiagujas, ya que esto reduciría directamente el tiempo de extracción e injerto de columnas de piel. En el lado derecho de la matriz se encuentra la evaluación cualitativa del dispositivo existente y de los principios de funcionamiento propuestos, en la gráfica se puede observar que el funcionamiento electroneumático es el más adecuado para cumplir con los requerimientos del usuario.

5. Selección

De la evaluación de las propuestas de diseño mediante QFD se obtuvo que la mejor alternativa para el funcionamiento del dispositivo es el principio electroneumático, que es capaz de satisfacer las necesidades principales de la técnica IFP ya que combina las ventajas de los dispositivos neumáticos y eléctricos. Dichos resultados serán utilizados para una evaluación experimental en una etapa futura.



VI CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

4, 5 y 6 de junio de 2015
“Generación de Nuevas Técnicas
de Diagnóstico y Tratamiento”

DISCUSIÓN

Los requerimientos del dispositivo se determinaron en base a las necesidades de los usuarios, se requiere que sea de sencilla operación para que la eficiencia no se vea afectada por la habilidad del doctor o enfermera que lo utilice, para la realización de microinjertos es necesario que el dispositivo sea capaz de mantener la vitalidad de las columnas de tejido mediante flujo de fluidos o controles de temperatura y humedad, las características de ergonomía, bajo peso y portabilidad están relacionadas con el hecho de que sea un dispositivo fácil de manejar y sostenible por la mano, y la necesidad de que sea fácil de fabricar y de bajo costo de producción es porque se busca que la técnica de IFP sea utilizada para heridas extensas y tal vez en un futuro sustituir al método IEP.

En este trabajo, la aplicación del análisis QFD fue de ayuda no solo para identificar las restricciones de diseño y las necesidades de los usuarios, sino también para evaluar la factibilidad de los principios de funcionamiento propuestos para el dispositivo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se determinó mediante un análisis cualitativo, que el principio de funcionamiento electroneumático es capaz de satisfacer las exigencias necesarias de la técnica de IFP con mayor facilidad que los principios neumático y eléctrico. Por esta razón es el apropiado para el dispositivo.

En [1] [2] se demostró que con la técnica IFP se obtienen mejores resultados comparados con IEP tanto en la zona donante como en la herida, lo que convierte a dicha técnica en una buena alternativa para el tratamiento de heridas, y con el desarrollo de un dispositivo de alta velocidad para la manipulación de microinjertos se facilitará la aplicación de IFP para heridas de mayor tamaño, lo que representa un gran avance para el tratamiento de heridas en la piel.

El uso de la herramienta QFD facilitó en gran medida la selección del principio de funcionamiento del dispositivo que se desea construir, ya que se tomaron en cuenta las principales exigencias de la técnica IFP y de los futuros usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Tam, J., Wang, Y., Farinelli, W. A., Jimenez-Lozano, J., Franco, W., Sakamoto, F. H., Cheung, E. J., Purschke, M., Doukas, A., and Anderson, R. R, "Fractional Skin Harvesting: Autologous Skin Graft Without Donor-Site Morbidity," *Plast Reconstructive Surgery-Global Open*, p. 47, 2013.
- [2] Franco W., Jimenez-Lozano J., Tam J., Purschke M., Wang Y., Sakamoto F. H., Farinelli W. A., Doukas A. y Anderson R, "Fractional Skin Harvesting Device Operational Principles and Deployment Evaluation," *Journal of Medical Devices*,



VI CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA
APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD
4, 5 y 6 de junio de 2015
“Generación de Nuevas Técnicas
de Diagnóstico y Tratamiento”

2014.

[3] A. Zaidi, Q.F.D. *Despliegue de la función de calidad*, Cuarta ed.: Diaz de Santos, 2003.