

EVALUACIÓN DE LA BIO-TRANSFERENCIA DE CALOR ALTERNADA PARA EL TRATAMIENTO DEL CÁNCER DE PIEL

Luis Ramón Sánchez Salgado (1), José Cuauthémoc Rubio Arana (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [SIOL9@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [rubioc@ugto.mx]

Resumen

Durante el desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo el análisis térmico transitorio con el fin de congelar y calentar el tumor causante del cáncer de melanoma, el tejido que compone la piel se somete a un tratamiento a bajas y altas temperaturas. Para lo cual utilizamos la ecuación de Bio-transferencia de Pennes como modelo matemático, así como las propiedades que componen las distintas capas de la piel; las cuales fueron obtenidas de la literatura científica. Para nuestro caso de estudio requerimos el uso de un software de modelado y simulación matemática, en el cual analizamos el caso de un tumor nivel Clark II en estado estable (con el fin de tomar el resultado de este como datos iniciales para el análisis transiente) y posteriormente en estado transiente con un tratamiento de criogenia durante 10 ms y calentamiento durante 50ms alternados. Con el fin de evaluar el comportamiento del tumor al someterlo a cambios de temperatura drásticos, esto como resultado de nuevas técnicas para su tratamiento que han surgido en los últimos años.

Abstract

During the development of this work was conducted transient thermal analysis in order to freeze and heat the tumor-causing melanoma cancer, the tissue that makes up the skin undergoes treatment at low and high temperatures. For which we use the equation of Pennes Bio-transfer mathematical model as well as the properties that make up the various layers of the skin; which they were obtained from the literature. For our case study we require the use of modeling software and mathematical simulation in which analyze the case of a tumor Clark II level at steady state (in order to make the result of this as initial data for the transient analysis) and later in transient state with a cryogenic treatment for 10 ms and 50 ms for alternating warming. In order to assess tumor behavior when subjected to drastic temperature changes, this as a result of new techniques for processing that have emerged in recent years.

Palabras Clave

Melanoma 1; Cáncer 2; Bio-Transferencia 3; Transitorio 4; Criogenia 5

INTRODUCCIÓN

Un tumor de cáncer de piel, es cuando se presenta un crecimiento o alteración en las células de los tejidos, produciendo un aumento de su volumen. Los cuales se dividen en tumores malignos y benignos.

Los tumores benignos son aquellos donde se presentan alteraciones en los tejidos, pero no tienen la capacidad de extenderse a otras partes del cuerpo.

Los tumores malignos (también llamados neoplasma maligno) son aquellos en las que las células se multiplican sin control invadiendo los tejidos a su alrededor o cercanos. Estas células pueden esparcirse a otras partes del cuerpo por medio del sistema linfático y el torrente sanguíneo.

Nosotros nos concentraremos en un tumor debido al cáncer de piel, o también conocido como Melanoma. El melanoma tiene su origen en los melanocitos.

Existen métodos para determinar la prognosis de melanoma, Breslow y Clark. Breslow nos define la lesión vertical en milímetros. Clark clasifica la penetración del tumor en la piel en 5 niveles [Luna José M. 2012]:

Nivel I: melanoma confinado en la epidermis (melanoma in situ).

Nivel II: penetración del melanoma en la dermis.

Nivel III-IV: invasión más profunda del melanoma a través de la dermis, pero sigue contenida en la piel.

Nivel V: Penetración del melanoma en la grasa debajo de la piel.

El cáncer es una de las principales causas de muerte a nivel mundial; entre sus distintos tipos la incidencia del cáncer de melanoma y no-melanoma ha ido incrementándose a lo largo de la pasada década. Entre 2 y 3 millones de cáncer de no melanoma y 132 000 cáncer de melanoma

ocurren globalmente cada año. Se prevé que con un estimado de 10% en decremento en los niveles de la capa de ozono, provocará un aumento de 300 000 y 4 500 casos de cáncer de no melanoma y melanoma, respectivamente; de acuerdo con la OMS [Organización Mundial de la Salud].

Existen varios tipos de tratamientos para la remoción del tumor, algunos son:

- Cirugía Micrográfica de Mohs: con anestesia local el médico remueve capas de tejido hasta que elimina el tumor por completo.
- Cirugía de escisión: se extirpa el tumor junto con el tejido circundante, finalmente se sutura.
- Legrado y electrodesecación: con anestesia local, el médico va raspando capas de piel y con ayuda del electrodo cauteriza controlando el sangrado y destruyendo el tumor residual.
- Radiación: haces de rayos X se dirigen al tumor (sin necesidad de cortar o anestesiarse).
- Criocirugía: el tejido tumoral es destruido por congelación con nitrógeno líquido, sin la necesidad para el corte o la anestesia.
- Terapia fotodinámica: utilizado para personas con múltiples neoplasias. Se usa un agente fotosensibilizador que se activan por una luz intensa.
- Cirugía láser: la capa externa de la piel y cantidades variables de piel más profunda se eliminan mediante un dióxido de carbono.

El objetivo de este proyecto consiste en caracterizar mediante la simulación numérica de varios modelos geométricos el comportamiento de un tumor cancerígeno de tipo melanoma al ser sometido a la Bio-transferencia de calor alternada y así contribuir al conocimiento del tratamiento de este tipo de cáncer.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las propiedades térmicas de la piel nos permiten realizar la correcta medición del flujo sanguíneo; sin embargo no hay métodos exactos para la obtención de sus propiedades ya que en la medición de los parámetros in vivo no están bien establecidos por lo que muchos factores influyen en el resultado de estos, tales como la temperatura, el estado de la dilatación de los vasos sanguíneos, la edad, el género, las diferencias étnicas, etc.

Las propiedades termofísicas de la piel utilizadas en este trabajo se muestran en la Tabla 1, y fueron obtenidas de la literatura técnica. [F.XU, 2009]

Tabla 1: Propiedades termofísicas de las tres capas de tejido de la piel

PARAMETROS	UNIDADES	Bien	VALOR
1. Densidad de la Piel	Kg/m ³	Epidermis	1190.0
		Dermis	1116.0
		Grasa subcutánea	971.0
2. Conductividad Térmica	W/(m K)	Epidermis	0.235
		Dermis	0.445
		Grasa subcutánea	0.138
3. Calor Especifico de la Piel	J/(kg K)	Epidermis	3600.0
		Dermis	3300.0
		Grasa subcutánea	2700.0
4. Generación de Energía Metabólica	W/m ³	Epidermis	368.1
		Dermis	368.1
		Grasa subcutánea	368.1
5. Espesor	m	Epidermis	0.0001
		Dermis	0.0015
		Grasa subcutánea	0.0044

El análisis involucra un tumor nivel Clark II, por lo cual se emplearon propiedades de la literatura. Entre los cual encontramos que el rango de perfusión varía según el tipo de tumor. La perfusión sanguínea solo se encuentra dentro de la dermis y se mantiene constante, por lo cual en este estudio se utilizó un solo valor para la perfusión del tumor así como de generación metabólica. En la Tabla 2 podemos ver estas propiedades. [F. XU, 2009]

Tabla 2: Propiedades termofísicas de la sangre y el tumor.

PARAMETROS	UNIDADES	Valor
1. Densidad de la sangre	Kg/m ³	1060.0
2. Calor específico de la sangre	J/(kg K)	3770.0
3. Temperatura arterial sanguínea	°C	37
4. Temperatura del cuerpo humano	°C	37
5. Perfusión sanguínea	M _b /(ml s)	0.0047
6. Calor específico del tumor	J/(kg K)	3852
7. Conductividad térmica del tumor	W/(m K)	0.558
8. Densidad del tumor	Kg/m ³	1030
9. Perfusión del tumor	M _b /(ml s)	0.0069
10. Generación de energía metabólica	W/m ³	4543

Descripción del problema. La piel se mantiene inicialmente a una temperatura constante. En t=0, la superficie del tumor se enfría repentinamente a una temperatura constante de -150°C, después 10 s la fuente de frío se remueve, y la piel se calienta inmediatamente a 100°C durante 10 s.

El modelo en 3D, se muestra en la Imagen 1.

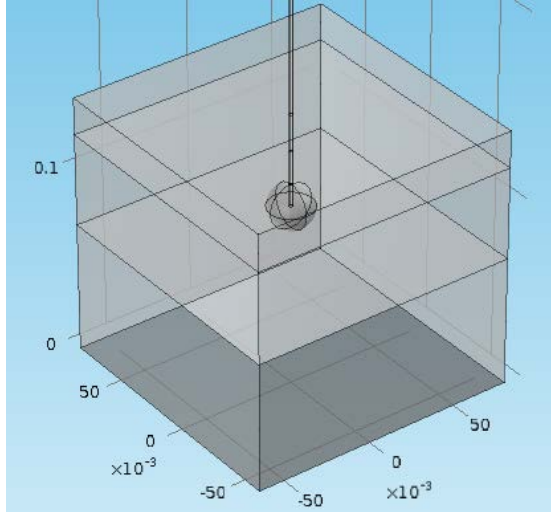


IMAGEN 1: Modelo en 3D del caso de estudio

El modelo matemático que se utilizó para el desarrollo de este trabajo fue la ecuación de biotransferencia de energía de Pennes (YOUNG I. CHO, 1992; HASAN MUKHTAR, 1993):

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot k \nabla T + \omega_b \rho_b c_b (T_a - T) + q_{met}$$

Donde ρ , C_p , k , y q_{met} son la densidad, el calor específico a presión constante, la conductividad térmica y la generación de energía metabólica del tejido, respectivamente. ω_b , ρ_b , c_b , y T_a son la perfusión sanguínea, la densidad de la sangre, el calor específico de la sangre y la temperatura arterial, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente procedimos a realizar un estudio en estado estacionario donde solo influían las propiedades de la piel y el tumor, Imagen 2, esto con el fin de que los resultados obtenidos de esta manera sirvieran como valores iniciales para el estudio en estado transiente sometido a enfriamiento Imagen 3 y 4.

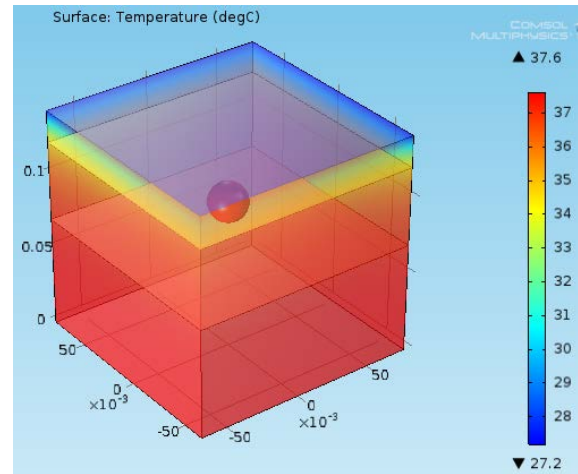


IMAGEN 2: Estudio en estado estacionario.

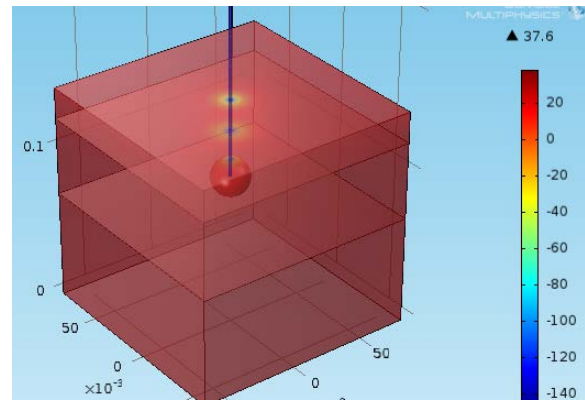


IMAGEN 3: Estudio en estado transitorio sometido a enfriamiento.

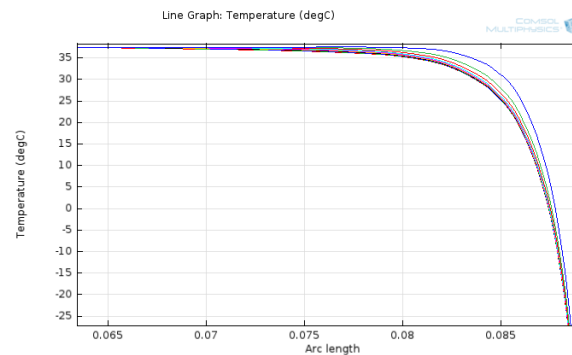


IMAGEN 4: Grafica del enfriamiento en el tiempo.

Después tomamos estos datos para usarlos como valores iniciales para la prueba de calentamiento y así obtener los resultados mostrados en las Imágenes 5 y 6.

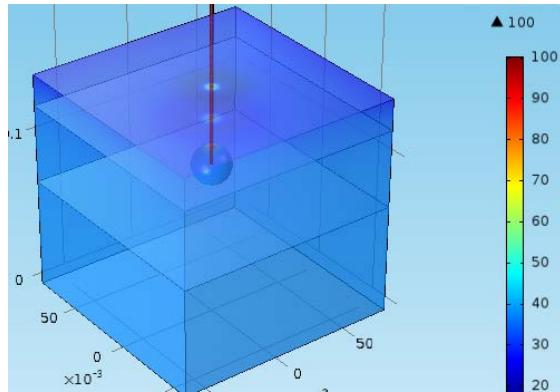


IMAGEN 5: Estudio en estado transitorio sometido a calentamiento.

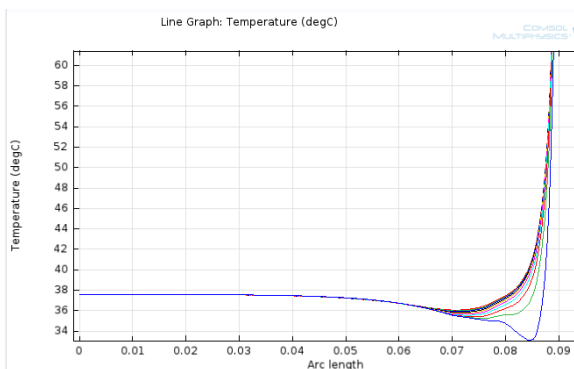


IMAGEN 6: Grafica del calentamiento en el tiempo.

Como se puede observar los efectos térmicos afectan primero los extremos del tumor y posteriormente su centro, esto dado que se encuentran a menor temperatura.

CONCLUSIONES

El tumor es muy sensible a la variación de temperaturas muy bajas o muy elevadas, que en tan solo unos pocos segundos podemos observar como este se ve afectado, por lo cual la aplicación

de estas temperaturas debe ser por periodos breves y controlados de tiempo, para no dañar el tejido sano que se encuentre a su alrededor, por lo cual parece ser una técnica adecuada para el tratamiento del cáncer de piel tipo melanoma ya que si la técnica es correctamente controlada nos permitiría tratar en cáncer con los menores daños posibles al tejido sano y en un menor tiempo a que si solo enfriáramos o calentáramos por separado.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a mi asesor MI. José Cuathémoc Rubio Arana por su apoyo incondicional durante el desarrollo de este proyecto así también de manera muy especial al Dr. Juan Manuel Luna por sus valiosas ideas y tiempo para mejorar este trabajo y lograr así obtener los resultados esperados. Así como al Phd. Abel Hernández Guerrero y mis compañeros del grupo de investigación al cual pertenezco por darme la oportunidad de participar en diversos proyectos y motivarme día con día a seguir en este camino que es la investigación.

REFERENCIAS

LUNA JOSÉ MANUEL (2012). "Solution of the inverse Heat Transfer Problem for Dermatological Application", México. Universidad de Guanajuato.

F. XU (2009). "Mathematical Modeling of Skin Bioheat Transfer" en Applied Mechanics Review, Vol. 62, Septiembre 2009, [pp. 1-20]

G. KUFLIK EMANUEL (2000). "History of Dermatologic Cryosurgery" en Dermatologic Surgery, Vol. 26, [pp. 715 – 722]

Organización Mundial de la Salud,
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/es/>