

Estudo da equação de biotransferência de calor via simetria de lie

Alice Fazzolino

26 de março de 2018

Capítulo 1

1.Revisão bibliográfica

1.1 Câncer de pele

Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia(SBD):

O tipo mais comum, o câncer da pele não melanoma, tem letalidade baixa, porém, seus números são muito altos. A doença é provocada pelo crescimento anormal e descontrolado das células que compõem a pele. Essas células se dispõem formando camadas e, de acordo com as que forem afetadas, são definidos os diferentes tipos de câncer. Os mais comuns são os carcinomas basocelulares e os espinocelulares. Mais raro e letal que os carcinomas, o melanoma é o tipo mais agressivo de câncer da pele

Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA), no Brasil estimam-se 85.170 casos recentes de câncer de pele não melanoma entre homens e 80.410 nas mulheres para cada ano do biênio 2018-2019. Esses valores correspondem a um risco estimado de 82,53 casos novos a cada 100 mil homens e 75,84 para cada 100 mil mulheres.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Dermatologia (SBD), o maior motivo para evolução do câncer de pele é devido a exposição aos raios ultravioletas irradiados pelo sol. Os horários mais perigosos são no período de 10 às 16 horas. Evitar a exposição intensa ao sol nesses horários e proteger a pele dos impactos da radiação UV são os melhores métodos para evitar os tumores de pele.

Geralmente, o câncer de pele é o menos agressivo dentre os outros existentes, mas se houver um diagnóstico tardio, este pode levar a ferimentos, sérias deformidades físicas e até a morte.

Há várias formas de tratamento atualmente, mas todos os casos precisam ser identificados antecipadamente. Lawson(1956), realizou uma experiência com 26 pacientes portadores de câncer de mama que comprovou que a temperatura da pele sobre o tumor na mama era maior que a do tecido normal.

O aumento médio de temperatura detectável na área do tumor ou na aréola ipsilateral foi de 2.27°F. O máximo foi de 3.5°F e o mínimo de 1.3°F. Em dois

casos adicionais mostrando um aumento entre 1.5° e 2°F, o diagnóstico foi de malignidade duvidosa(LAWSON,1956).

Lawson(1956), também expôs que o sangue venoso que escoava o tumor maligno é constantemente mais quente do que o fornecido pelo sistema arterial

De acordo com Fabrício(2008), diferentemente da trombose ou esclerose vascular da circulação periférica que reduz o sangue que flui na pele e consequentemente diminui a temperatura superficial da mesma, os tumores de pele provocam um aumento de temperatura local, por essa razão a temperatura incomum da pele pode apontar circulação sanguínea irregular, o que pode então ser usado para diagnósticos.

Para esse diagnóstico prévio é possível utilizar-se de problemas inversos, que são métodos que tentam encontrar a causa (tamanho e posição do tumor) de um resultado conhecido(distribuição de temperatura na superfície da pele). Na prática essa temperatura seria medida por equipamentos médicos.

A definição de temperatura em tecidos se dá por intermédio da transferência de calor nos mesmos. "Com a equação biotérmica de Pennes é possível encontrar a distribuição de temperatura e o fluxo de calor em um maciço de pele."(Fabrício,2008)

1.2 Harry H. Pennes e a Equação da Biotransferência de calor

Conforme Souza (2009,p.28)"Pennes, em 1948, foi o primeiro a propor um modelo matemático que representasse o processo de biotransferência de calor."

As temperaturas dos tecidos normais do antebraço humano e do sangue arterial braquial foram medidas para avaliar a aplicabilidade da teoria do fluxo de calor ao antebraço em termos básicos de taxa local de produção de calor tecidual e fluxo volumétrico de sangue(PENNES 1948,p.93). Com esse estudo criou-se um modelo fundamentado na propagação de calor e que foi chamado de Equação da Biotransferência de Calor (Bioheat Transfer Equation - BHTE).

De acordo com (SILVA;LYRA;LIMA,2013):

A transferência de calor nos organismos vivos é caracterizada por dois mecanismos importantes: metabolismo e fluxo sanguíneo. O sangue escoava, de forma não-newtoniana, através dos vasos sanguíneos que apresentam diferentes dimensões. Segundo a teoria de Pennes, a transferência líquida de calor entre o sangue e o tecido é proporcional à diferença entre a temperatura do sangue arterial, que entra no tecido, e a temperatura do sangue venoso que sai do tecido. Ele sugeriu que a transferência de calor devida ao escoamento sanguíneo pode ser modelada por uma taxa de perfusão sanguínea, com o sangue atuando como uma fonte/sumidouro escalar de calor. Apesar da sua simplicidade, uma das dificuldades encontradas no uso da BHTE reside na ausência de informação detalhada e precisa sobre as taxas volumétricas de perfusão sanguínea, especialmente para tecidos neoplásicos.

Houve vários estudos com o objetivo de aperfeiçoar a equação de biotransferência de calor de Pennes, porém, acabaram em modelos muito específicos e complexos. Por esses motivos e por sua clareza, a equação de Pennes ainda é a mais usada para caracterizar a transferência de calor e a disseminação da temperatura em tecidos biológicos vivos.

1.2.1 Modelo físico-matemático

De acordo com GUIMARÃES(2003), a equação abaixo descreve a transferência de calor nos organismos vivos e é chamada de Equação de Pennes.

$$\rho \times c \times \frac{\partial T}{\partial t} = K \nabla^2 T + Q_p + Q_m + Q$$

onde:

K = Condutividade térmica do tecido [W/m°C];

ρ = Massa específica do tecido [kg/m³];

c = Calor específico do tecido [J/kg°C];

T = Temperatura [°C];

t = Tempo [s]; Q_p = Fonte de calor devido à perfusão sanguínea [W/m³];

Q_m = Fonte de calor devido à geração de calor metabólico [W/m³];

Q = Fonte externa de calor sobre o domínio [W/m³];

O termo Q pode ser qualquer fonte de aquecimento externa, como sementes ferromagnéticas e radiação eletromagnética, como radiofrequência, microondas, ultra-som, e laser(SILVA,2004).

O termo Q_p corresponde a fonte de calor devido à perfusão sanguínea que caracteriza-se pela transferência de calor efetuada pelo sangue através da vascularização capilar presente nos tecidos vivos,e representa um sumidouro de calor devido à remoção convectiva de calor efetuada pelo sangue através da vascularização capilar presente nos tecidos vivos(GUIMARÃES,2004).

$$Q_p = \omega \times \rho_s \times c_s \rho \times (T_a - T_v)$$

Onde:

ω = Taxa de perfusão sanguínea [m³ de sangue / m³ de tecido.s];

ρ_s = Massa específica do sangue [kg/m³];

c_s = Calor específico do sangue [J/kg.°C]

T_a = Temperatura arterial do sangue entrando no tecido [°C];

T_v = Temperatura do sangue venoso saindo do tecido [°C];

... Mostra ela em todas a direçãossssssssss

.