

TransCal

Airton Nunes - Nusp: 6846300

Novembro de 2011

1 Exercício 3

Em um transplante, há necessidade de aquecer e recircular 0.05kg/s do sangue hipotérmico, de 18°C a 25°C. Propõe-se fazer isso com um tubo duplo de cobre horizontal, isolado externamente, com diâmetros interno e externo do tubo interior, de 50 e 55mm, e diâmetro interno do tubo exterior, por onde passa a água, de 85mm. O calor específico do sangue é de 3500J/kg.K, e o coeficiente de transferência de calor do lado do sangue é de 100W/m²°C.

a) Dispondo-se de 0,1kg/s de água a 60°C, qual é o comprimento do tubo necessário?

b) Ao final da cirurgia deseja-se recuperar a temperatura normal do sangue dos 18°C para 36°C. Qual a nova vazão de água necessária?

Solução

Calculo da taxa calor trocado:

$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{sangue}} \times c_{\text{sangue}} \times \Delta T_{\text{sangue}}$$

$$\dot{q} = 0,05 \times 3500 \times (25 - 18) = 1225W$$

Calculo da variação de temperatura da água:

Como $\dot{m}_{\text{agua}} \times c_{\text{agua}} \gg \dot{m}_{\text{sangue}} \times c_{\text{sangue}}$ e o sangue só varia 7°C vamos avaliar as propriedades da água para 60°C.

Tabela A.6:

$$c = 4186J/kg.K$$

$$\mu = 453 \times 10^{-6} N.s/m_2$$

$$k = 656 \times 10^{-3}$$

$$\dot{q} = \dot{m}_{\text{agua}} \times c_{\text{agua}} \times \Delta T_{\text{agua}}$$

$$1225 = 0,1 \times 4186 \times (60 - T_{\text{agua},2})$$

$$T_{\text{agua},2} = 57^\circ\text{C}$$

Calculo da temperatura média logaritmica:

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}\right)}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(57-18)-(60-25)}{\ln\left(\frac{57-18}{60-25}\right)} = 37^\circ\text{C}$$

Calculo do coeficiente global de troca de calor:

$$\frac{1}{U_{ext}A_{ext}} = \frac{1}{h_{ext}A_{ext}} + \frac{\ln(D_e/D_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_{int}A_{int}}$$

Para isso é necessário conhecer o h_{ext} . Hipótese: Escoamento desenvolvido na região anular e temperatura da superfície não isolada constante.

Usá-se o diâmetro hidráulico $D_h = D_e - D_i$.

$$Re = \frac{4 \dot{m}_{agua}}{\pi(D_e + D_i)\mu}$$

$$Re = \frac{4 \times 0,1}{\pi \times (85+55) \times 10^{-3} \times 453 \times 10^{-6}} = 2008$$

Portanto o escoamento é laminar e podemos usar a Tabela 8.2 para determinar Nu.

Fazendo uma interpolação encontramos $Nu_i = 5,5$ e portanto $h_{ext} = \frac{Nu_i k}{D_h} = 120 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Portanto da equação de U_{ext} .

$$\frac{1}{U_{ext} \pi 55 \times 10^{-3} \cdot L} = \frac{1}{120 \pi 55 \times 10^{-3} \cdot L} + \frac{\ln(55/50)}{2\pi 656 \times 10^{-3} \cdot L} + \frac{1}{100 \pi 50 \times 10^{-3} \cdot L}$$

$$U_{ext} = 43 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Finalmente:

$$\dot{q} = U_{ext} A_{ext} \Delta T_{ml}$$

$$1225 = 43 \times \pi \times 55 \times 10^{-3} \times L \times 37$$

$$L = 4,46 \text{ m}$$

Para uma variação de 18°C no sangue:

Calculo do novo \dot{q}

$$\dot{q} = 0,05 \times 3500 \times (36 - 18) = 3150 \text{ W}$$

Calculo da nova vazão, considerando a mesma variação de temperatura da água.

$$\dot{q} = \dot{m}_{agua} \times c_{agua} \times \Delta T_{agua}$$

$$3150 = \dot{m}_{agua} \times 4186 \times 3$$

$$\dot{m}_{agua} = 0,25 \text{ kg/s}$$