Nome	Cognome	Matricola	Data
			26 Giugno 2023

ESAME di ORGANI ARITFICIALI

Esercizio 1 (9 punti)

Un paziente con deficit respiratorio deve essere sottoposto ad assistenza respiratoria tramite un ossigenatore a facce piane e parallele collegato ad una bombola costituita da una miscela di gas (98% di ossigeno e 2% di anidride carbonica) alla pressione di 2 bar.
Supponendo di voler progettare tale ossigenatore si determini:
1) L'area di scambio affinché sia garantita un'ottima ossigenazione e rimozione di anidride carbonica;
2) Stimare lo spessore della membrana considerando una durata del ciclo di ossigenazione pari a 55min;
3) Calcolare la distanza ottimale tra le membrane affinché via sia un'ottima ossigenazione nel tempo richiesto al punto precedente;
Si faccia l'ipotesi che [Hb] sia pari a 8.88×10^{-3} mol/l, la costante di Henry per l'O_2 pari a 0.028 mol/(atm*l), il coefficiente di diffusione di O_2 pari a 1.2×10^{-5} cm^2/s, e che il paziente abbia una portata polmonare pari a 100ml/min.

Esercizio 2 (6 punti)

Sia un paziente diabetico con un andamento della glicemia riportato in figura sottostante. Supposto che la glicemia basale sia pari a 100 mg/dl, si determinino i parametri dell'algoritmo di controllo di Fisher, e si definisca se è applicabile. Si consideri inoltre che il valore basale di insulina pari a 2ug/dl e che il sistema di infusione infonde 2ug/dl di insulina in corrispondenza del picco glicemico.

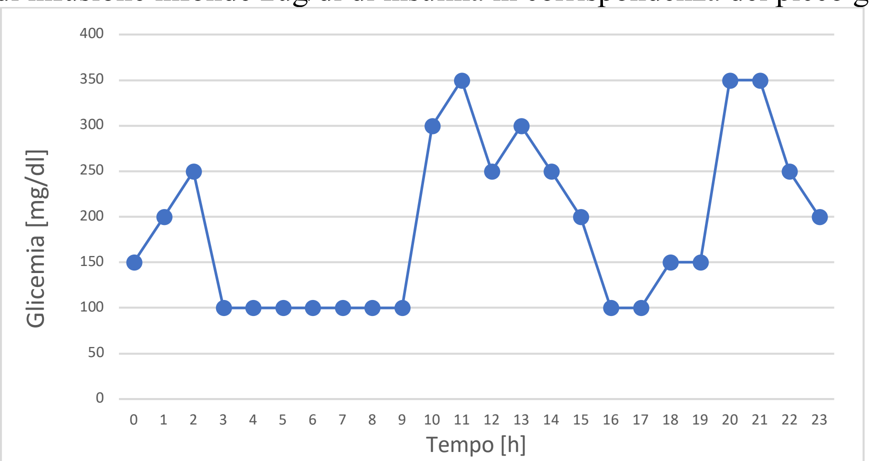

Figura 1. Curva glicemica di un paziente diabetico

Esercizio 3 (9 punti)

Si descriva, modellizzi e risolva il modello dell'ansa di Henle per lo ione cloro.
Si indichino al variare dei rapporti tra Cd, Ca, e Ci per lo ione cloro le condizioni fisiologiche e patologiche.
Descrivere come varia il modello dell'ansa di Henle nel tratto del tubolo collettore per lo ione potassio.

Esercizio 4 (6 punti)

Il candidato descriva le diverse. tipologie di produzione di fibre cave utilizzate nei dispositivi biomedicali.

ESERCIZIO 1

1) L'area ottimale può essere trovata attraverso il coefficiente medio:

$$W = \frac{KA\left[(P_{Bi} - P_{Gi}) - (P_{Bo} - P_{Go})\right]}{\ln\left(\frac{P_{Bi} - P_{Gi}}{P_{Bo} - P_{Go}}\right)}$$

per sostanze che passano dal sangue al gas (eliminate), altrimenti cambia segno di W

- Calcolo A per garantire un buono ossigenatore:

$$W_{O_2} = 250 \frac{ml}{min}$$

$$K_{O_2} = \frac{390 ml}{min\ m^2\ atm}$$

$$P_{Bi} = 40\ mmHg$$

$$P_{Bo} = 104\ mmHg$$

$$P_{Gi} = 0.98 \cdot 2bar - 47\ mmHg \underset{\uparrow}{\cong} 1443\ mmHg$$

$1bar \simeq 1atm$

$$P_{Go} = 0.98 \cdot 2bar - 47\ mmHg - 64\ mmHg \cong 1379\ mmHg$$

$$A_{O_2} = \frac{-W_{O_2}}{K_{O_2}} \frac{\ln\left(\frac{P_{Bi} - P_{Gi}}{P_{Bo} - P_{Go}}\right)}{\left[(P_{Bi} - P_{Gi}) - (P_{Bo} - P_{Go})\right]} =$$

$$= \frac{-250 \frac{ml}{min}}{0.513 \frac{ml}{min\ m^2\ mmHg}} \frac{\ln\left(\frac{40 - 1443}{104 - 1379}\right)}{\left[(40 - 1443) - (104 - 1379)\right] mmHg} \Rightarrow$$

$$A_{O_2} \simeq 0.36\, m^2$$

- Calcolo A per garantire una buona rimozione di CO_2:

$$W_{CO_2} = 200\ \frac{ml}{min}$$

$$K_{CO_2} = 2070\ \frac{ml}{min \cdot m^2 \cdot atm}$$

$P_{Bi} = 46\ mmHg$

$P_{Bo} = 40\ mmHg$

$P_{ai} = 0.02 \cdot 2bar \simeq 30\ mmHg$

$P_{ao} = 0.02 \cdot 2bar + 6\ mmHg \simeq 36\ mmHg$

$$A_{CO_2} = \frac{200\ \frac{ml}{min}}{2.72\ \frac{ml}{min\ m^2\ mmHg}} \cdot \frac{\ln\left(\frac{46-30}{40-36}\right)}{\left[(46-30)-(40-36)\right] mmHg} \Rightarrow$$

$$A_{CO_2} \cong 8.5\, m^2$$

- L'area ottimale sarà la media tra A_{O_2} e A_{CO_2}:

$$A_{ott} = \frac{A_{O_2} + A_{CO_2}}{2} \simeq 4.4\, m^2$$

2) Per stimare lo spessore della membrana possiamo utilizzare la whole body temporale:

$$P_{Bf} = P_{Bi}\, e^{Q_B/V_B (1-\beta)t}$$

dove $\beta = e^{-kA/Q_B}$, quindi:

$$K = 1/R = D/\delta$$

$$\Rightarrow \delta = D/K$$

Si hanno i seguenti dati:

$Q_B = 100$ ml/min

$V_B = 5\ell = 5000$ ml

$A = A_{OT} \triangleq 4.4\, m^2$

$t = 55$ min

$D_{O_2} = 1.2 \times 10^{-5}\, cm^2/s$

$P_{Bi} = 40$ mmHg

$P_{Bf} = 46$ mmHg

Dalla WBT ricaviamo β:

$$(1-\beta) = \frac{V_B}{Q_B} \frac{1}{t} \ln\left(\frac{P_{Bf}}{P_{Bi}}\right)$$

$$\beta = 1 - \frac{V_B}{Q_B} \frac{1}{t} \ln\left(\frac{P_{Bf}}{P_{Bi}}\right)$$

Sostituendo i dati, troviamo:

$$\beta = 1 - \frac{5000\,ml}{100\,\frac{ml}{min}} \cdot \frac{1}{55\,min} \cdot \ln\left(\frac{104\,mmHg}{40\,mmHg}\right) \cong 0.131$$

Adesso ricavo δ:

$$\beta = e^{-kA/Q_B}$$

$$k = -\frac{Q_B}{A}\ln(\beta) = \frac{Q_B}{A}\ln\left(\frac{1}{\beta}\right) = \frac{100\,\frac{ml}{min}}{4.4\times10^{4}\,cm^2}\cdot\ln\left(\frac{1}{0.131}\right)$$

$$\Rightarrow k \cong 0.77\times10^{-4}\,\frac{cm}{s}$$

Quindi:

$$\delta = \frac{D}{k} = \frac{1.2\times10^{-5}\,cm^2/s}{0.77\times10^{-4}\,\frac{cm}{s}} \simeq 0.15\,cm$$

3) Per trovare la distanza ottimale tra le membrane, si può sfruttare l'espressione per il fronte di avanzamento di O_2:

$$z = \sqrt{\frac{2Dt\,H\,P_{O_2}}{[Hb]}}$$

Si ha che:

$D_{O_2} = 1.2\times10^{-5}\,cm^2/s = 1.2\times10^{-9}\,m^2/s$

$t = 55\,min = 3300\,s$

$P_{O_2} = 104\,mmHg$

$H = 0.028\,\frac{mol}{atm\cdot l} = 0.37\times10^{-4}\,\frac{mol}{mmHg\cdot l}$

$[Hb] = 8.88\times10^{-3}\,\frac{mol}{l}$

Sostituendo:

$$z = \sqrt{\frac{2\cdot1.2\times10^{-9}\,\frac{m^2}{s}\cdot3300\,s\cdot0.37\times10^{-4}\,\frac{mol}{mmHg\cdot l}\cdot104\,mmHg}{8.88\times10^{-3}\,mol/l}} \cong 0.185\,cm$$

Quindi

$$\boxed{d = 2 \cdot z \simeq 0.37\,cm \simeq 3.7\,mm}$$

ESERCIZIO 2

Per trovare i parametri dell'algoritmo di controllo di Fisher abbiamo scegliere 3 istanti temporali nell'intorno del primo massimo di $G(t)$, quindi possiamo scegliere:

$$t_1 = 10\,h$$
$$t_2 = 11\,h \longrightarrow \text{picco}$$
$$t_3 = 13\,h$$

NOTA: ~~anche con~~ possiamo scegliere come istanti anche $t_1 = 9h; t_2 = 10h; t_3 = 11h$ oppure $t_1 = 11h; t_2 = 12h; t_3 = 13h$).

Calcolo la quantità di insulina che dovrebbe rilasciare in questi istanti ~~[illegible] la concentrazione~~:

$$I(t=10h) = 2\,\mu g/dl + \underbrace{2\,\mu g/dl}_{} = 4\,\mu g/dl$$

Si ha rilascio di insulina essendo $G(t=10h) = 300\,mg/dl$

$$I(t=11\,h) = \underbrace{2\,\mu g/dL}_{}$$

Dopo 1h la concentrazione ritorna a $2\,\mu g/dl$ perché decade di 1/4 ogni 15 minuti

$$I(t=12h) = 2\,\mu g/dL + \underbrace{2 \times 2\,\mu g/dL}_{} = 6\,\mu g/dl$$

Dopo 2h dal picco glicemico si ha un rilascio doppio di insulina perché $G(t=12h) = 250\,mg/dL$, quindi non siamo ancora tornati al valore basale

Implementiamo il sistema per trovare i parametri, con $\Delta t = 1h$:

$$\begin{cases} I(t=10h) = a_0 + a_1 \left(G(t=10h) - G_B \right) + a_2 \dfrac{\left(G(t=10h) - G(t=9h) \right)}{1h} \\[2ex] I(t=11h) = a_0 + a_1 \left(G(t=11h) - G_B \right) + a_2 \dfrac{\left(G(t=11h) - G(t=10h) \right)}{1h} \\[2ex] I(t=12h) = a_0 + a_1 \left(G(t=12h) - G_B \right) + a_2 \dfrac{\left(G(t=12h) - G(t=11h) \right)}{1h} \end{cases}$$

Sostituendo i valori, troviamo:

$$\begin{cases} 0.004 \frac{mg}{dl} = a_0 + a_1 (300-100) \frac{mg}{dl} + a_2 (300-100)\, mg/dl\,h & (1) \\[2ex] 0.002 \frac{mg}{dl} = a_0 + a_1 (350-100) \frac{mg}{dl} + a_2 (350-300) \frac{mg}{dl\,h} & (2) \\[2ex] 0.006 \frac{mg}{dl} = a_0 + a_1 (250-100)\, mg/dl + a_2 (250-350)\, mg/dl\,h & (3) \end{cases}$$

Da (1) ricaviamo a_0:

$$(1) \quad 0.004 = a_0 + 200 a_1 + 200 a_2$$

$$a_0 = 0.004 - 200 (a_1 + a_2)$$

Sostituisco in (2)

$$(2) \quad 0.002 = 0.004 - 200 a_1 - 200 a_2 + 250 a_1 + 50 a_2$$

$$0 = 0.002 + 50 a_1 - 150 a_2$$

$$a_1 = -0.00004 + 30 a_2$$

Sostituisco a_1 in a_0 e quindi scrivere tutto in funzione solo di a_2:

$$(1) \quad a_0 = 0.004 - 200a_1 - 200a_2$$

$$a_0 = 0.004 + 0.008 - 6000a_2 - 200a_2 =$$

$$= 0.012 - 6200a_2$$

Sostituisco a_0 e a_1 in (3) per trovare a_2:

$$\cancel{0.006} = \cancel{0.012} - 6200a_2 - \cancel{0.006} + 4500a_2 - 100a_2$$

$$a_2 = 0$$

Poiché $a_2 = 0$, il sistema <u>non</u> può essere applicabile.
(<u>Tutti</u> i parametri devono essere > 0!)

Esercizio n° 3

Bisognava descrivere il modello dell'ansa di Henle per il cloro dove il trasporto del cloro in entrambi i tratti è di tipo passivo e poi risolvere le equazioni come sugli appunti.

Per quanto riguarda il tubulo collettore abbiamo che il potassio si comporta come il sodio quindi abbiamo un trasporto di tipo attivo, quindi andava scritta l'equazione del tratto ~~[illegible]~~ ascendente del sodio mentre l'acqua fuoriesce o meno a seconda se è presente vasopressina ADH.

Esercizio 4.

Vedere appunti sulle fibre [illegible].