

Formulario

+

Domande Orale + Correzione  
esami per Applicazioni ITPS

# **CONTENTS**

<b>1 Biocompatibilità .....</b>	<b>5</b>
1.1 Costante di affinità K .....	6
<b>2 Emodialisi .....</b>	<b>7</b>
2.1 Concentrazione soluto .....	8
2.2 Cleareance .....	9
2.3 Elementi del circuito di emodialisi .....	10
2.3.1 Mini Glossario .....	11
2.3.2 Linea del sangue .....	12
2.3.3 Linea del dialisato .....	13
<b>3 Pompe per il sangue .....</b>	<b>15</b>
3.1 Pompe per la Circolazione extra-corporea .....	16
3.2 Triangoli di velocità .....	17
3.2.1 Ipotesi semplificative .....	18
3.2.2 Componenti delle velocità .....	19
3.2.3 Velocità Tangenziale (U) .....	20

3.2.4	Legame dei 3 vettori .....	21
3.3	Vad .....	22
3.3.1	HearthWare .....	23
3.3.1.1	Shear Stress $\tau$ .....	23
3.3.1.2	formula esplicita .....	24
3.3.1.3	Tempo di attraversamento .....	25
3.3.1.4	Volume meato .....	25
3.3.1.5	Portata del meato .....	26
3.4	Prevalenza .....	27
<b>4</b>	<b>Ossigenatore a Membrana .....</b>	<b>28</b>
4.1	Saturazione di ossigeno .....	29
<b>5</b>	<b>Domande Orale .....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>Correzione esami .....</b>	<b>36</b>
6.1	Esame del 14/11/2024 .....	37
6.1.1	Crocette .....	38
6.1.2	Esercizio 1 .....	41
6.1.3	Esercizio 2 .....	42

6.1.3.1 Soluzione .....	42
6.1.4 Risultati .....	46
6.1.5 Esercizio 3 .....	47
6.1.6 Risultati .....	49
6.1.7 Soluzione .....	50
6.1.7.0.1 Calcolo della Velocità di Ingresso .....	50
6.1.7.0.2 Calcolo della Velocità di Uscita per il Massimo Rendimento .....	51
6.1.7.0.3 Calcolo della Velocità Angolare della Pompa .....	52
6.1.7.0.4 Conversione in Giri al Minuto .....	53

**Document made with typst: [Link to typst documentation](#)**

# **1 BIOCOMPATIBILITÀ**

## 1.1 Costante di affinità K

$$K = \frac{[PS]}{[P][S]}$$

- $[PS] \frac{\text{ng}}{\text{cm}^2}$ : Densità dei siti di legame occupati.
- $[P] \frac{\text{ng}}{\text{ml}}$ : Concentrazione della soluzione contenente la biomolecola che aderisce al biomateriale

## **2 EMODIALISI**

## 2.1 Concentrazione soluto

$$C = \frac{\dot{m}}{Q}$$

$$\left[ \frac{\frac{\text{kg}}{s}}{\frac{m^3}{s}} = \frac{\text{kg}}{m^3} \rightarrow \frac{g}{\text{dL}} (\text{unità tipica}) \right]$$



## 2.2 Cleareance

$$Q_{\text{cleareance}} = Q_{\text{plasma}} \left( 1 - \frac{C_{\text{finale}}}{C_{\text{iniziale}}} \right)$$

## **2.3 Elementi del circuito di emodialisi**

### 2.3.1 Mini Glossario

**Volume di priming:** Volume che riempie tutto il circuito della linea del sangue. È importante perchè influisce sulla volemia del paziente.

## 2.3.2 Linea del sangue

1. **Accesso vascolare**
2. **Pompa di infusione di eparina**
  - Problema risolto: coaguli
3. **Pompa del sangue (a monte del filtro)**
  - Problema risolto: Controllo della portata ematica al filtro
4. **Filtro di emodialisi**
5. **Indicatore di pressione positiva:**
  - Se la pressione è positiva il flusso scorre nel verso corretto, non c'è reflusso.
  - Problema risolto: Indicazione di eventuali reflussi
6. **Rilevatore di bolle d'aria**
  - Problema risolto: Indicatore di eventuali bolle che ostruiscono il passaggio del sangue con potenziale pericolo di embolia per il paziente(visto che va nel paziente).
7. **Ritorno al paziente**

### 2.3.3 Linea del dialisato

1. **Accesso all'acqua filtrata**
  - Filtro ad osmosi inversa per il controllo dei soluti, carboni attivi per agenti patogeni e sostanze nocive.
  - Problema risolto: Controllo dei soluti del dialisato per il controllo delle sostanze filtrate e pericolo infezioni batteriche.
2. **Scambiatore di calore**
  - Problema risolto: ipotermia del paziente, visto che un trattamento di dialisi dura diverse ore.
3. **Sensore di temperatura con feedback per lo Scambiatore**
  - Problema risolto: feedback per il controllo della temperatura
4. **Iniettore del concentrato**
  - Problema risolto: insieme all'acqua filtrata esegue il controllo dei soluti del dialisato.
5. **Sensore di temperatura a valle**
6. **Sensore di conduttività**
7. **Valvola di bypass**
  - Per evitare il passaggio del dialisato nel filtro
8. **Indicatore di pressione negativa**
  - Perché in questa linea l'indicatore è posto a monte della pompa, quindi la pressione corretta deve essere negativa.
  - Problema risolto: reflusso del dialisato
9. **Filtro di dialisi**
10. **Rilevatore di sangue**
  - Nel dialisato non devono esserci tracce di sangue, altrimenti qualcosa va storto.

11. **Pompa del dialisato**

- Problema risolto: è necessaria per muovere il fluido e controllare la portata del dialisato, che influisce direttamente sui parametri del trattamento.

12. **Scarico del dialisato**

- Viene buttato oppure riciclato

### **3\_ POMPE PER IL SANGUE**

Ci sono 3 tipologie di pompe:

- Pompa Peristaltica (Roller)
- Pompa Centrifuga
- Pompa Assiale

#### **P. Peristaltica**

Si distingue dalle altre tipologie perchè garantisce un flusso pulsatile emulando più fedelmente il cuore.

Un rullo comprime il tubo flessibile garantendo una portata.

#### **P. Centrifuga**

Pompa con flusso continuo, il sangue viene pompato al centro del rotore il quale ruotando spinge il sangue, per forza centrifuga, in direzione tangenziale.

**P. Assiale** Flusso continuo, il rotore si “avvita” nel sangue, imponendo una forza propellente.

## **3.1 Pompe per la Circolazione extra-corporea**

In questo caso la pompa è installata su un macchinario non è un dispositivo impiantabile come i VAD, e questa pompa deve fare tutto il lavoro che farebbe il cuore, significa più lavoro e inevitabilmente il sangue verrà danneggiato maggiormente rispetto ad un VAD.



## 3.2 Triangoli di velocità

Fonte: “Macchine a Fluido V. Dossena, G. Ferrari, P. Gaetani, G. Montenegro”

Il flusso nello stadio di una turbomacchina è tipicamente **tri-dimensionale**, **instazionario** e **viscoso**. Per studiarlo in dettaglio, è necessario applicare le **equazioni di conservazione** della massa, della quantità di moto e dell'energia scritte in 3 dimensioni (equazioni di Navier-Stokes). Tuttavia, alcune **ipotesi semplificative** permettono di analizzare il flusso in modo elementare e più pratico.

### 3.2.1 Ipotesi semplificative

1. **Flusso stazionario:** Si trascurano le piccole fluttuazioni temporali delle grandezze fluidodinamiche, assumendo che queste dipendano solo dallo spazio.
2. **Flusso monodimensionale (1D):** Si suppone che le grandezze fluidodinamiche dipendano solo dalla coordinata  $x$ , misurata lungo l'asse del canale inter-palare. In questo modo, il moto del fluido può essere descritto con un solo vettore velocità, che rappresenta la velocità di tutti i filetti di fluido sulla sezione trasversale.

### 3.2.2 Componenti delle velocità

Basandosi sulle ipotesi precedenti, si introduce il **triangolo delle velocità**, che riassume in forma vettoriale le interazioni dinamiche fra fluido e macchina. Descrive in modo semplice la cinematica del flusso attraverso lo stadio.

Si distinguono tre velocità principali:

1. La **velocità assoluta** del fluido  $V$  (che nel nostro corso inchiamo con  $C$ ), osservata da un osservatore fisso (solidale con lo statore).
2. La **velocità relativa** del fluido  $W$  (che nel nostro corso indichiamo con  $V$ ), osservata da un osservatore mobile (solidale con il rotore).
3. La **velocità periferica** di trascinamento  $U$  (che nel nostro corso inchiamo allo stesso modo  $U$ ), associata alla rotazione della girante.

### 3.2.3 Velocità Tangenziale (U)

- Dato un raggio del rotore pari a  $R$  (centimetri)
- Data una velocità angolare  $\omega$  del rotore
- Sia  $0 \leq r \leq R$

La velocità tangenziale in funzione di  $r$  sarà pari a:

$$U(r) = \omega \cdot r$$

Si noti però che viene richiesto un valore non un range per calcolare le altre componenti. In base al valore di shear stress richiesto si considera un raggio diverso.

### 3.2.4 Legame dei 3 vettori

$$\overline{C} = \overline{V} + \overline{U}$$

## 3.3 Vad

Ventricular Assist Device

Sono dispositivi **impiantabili** che hanno lo scopo di supportare il cuore, non di sostituire la funzione cardiaca.

Sono installati in parallelo al ventricolo sinistro.

Definiti come trattamento ponte per ad esempio trapianti di cuore, in attesa della disponibilità dell'organo.

### 3.3.1 HearthWare

Dispositivo caratterizzato da pompa di tipo centrifugo e levitazione magnetica del rotore combinata con propulsione delle palette (lifting) per il mantenimento della posizione flottante.

La zona di interesse è situata nella parte superiore e inferiore del rotore, il rotore ha un raggio interno ed uno esterno come nelle CEC.

#### 3.3.1.1 Shear Stress $\tau$

$$\tau = \mu \cdot \gamma$$

- $\mu$  : viscosità dinamica sangue (costante)
  - $= 3cP(\text{centiPoise}) = 0.03 \frac{g}{cm \ s} = 0.003 \frac{Ns}{m^2}$
- $\gamma$  : Velocità di deformazione angolare  $\frac{\text{rad}}{s}$

$$\gamma = \frac{U_t}{h_m}$$

- $U_t$  : velocità tangenziale del rotore
- $h_m$  : altezza del singolo meato =  $\frac{h_{\text{scatola}} - h_{\text{rotore}}}{2}$

$$U_t = \omega r$$

- $\omega$  : velocità angolare, di rotazione del rotore.
- $r$  : raggio del rotore, ce ne sono 2, interno ed esterno.

### 3.3.1.2 formula esplicita

$$\tau_i = \mu \frac{\omega r_i}{h_m}$$

- $i$  = r. esterno o raggio interno



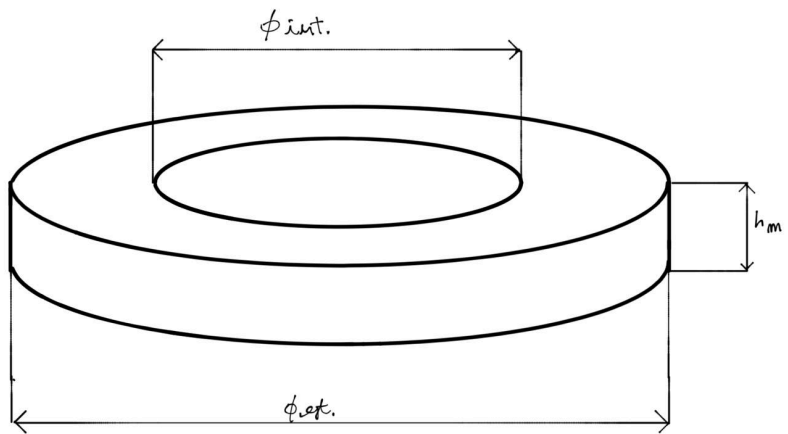
### 3.3.1.3 Tempo di attraversamento

$$t = \frac{V_{\text{me}}}{Q_{\text{me}}}$$

- $V_{\text{me}}$ : volume del meato
- $Q_{\text{me}}$ : portata del meato

### 3.3.1.4 Volume meato

$$V_{\text{me}} = \frac{\pi}{4} (d_{\text{est.}}^2 - d_{\text{int.}}^2) \cdot h_m$$



### 3.3.1.5 Portata del meato

$$Q_{me} = Q_{ematica} \cdot \text{Flusso}\%_{me}$$

## 3.4 Prevalenza

- È una pressione
- Si misura quindi in  $\left[\frac{N}{m^2}\right]$  oppure  $\left[\frac{\text{dynes}}{\text{cm}^2} = \frac{g}{\text{cm} \cdot s^2}\right]$
- Si indica con la lettera H

$$H = \eta \cdot \rho \cdot U \cdot C \cdot \cos \alpha_2$$

- $\eta$ : rendimento (adimensionale) ( $0 \leq \eta < 1$ )
- $\rho$ : densità del sangue  $1 \frac{g}{\text{cm}^3}$
- $U$ : velocità tangenziale (rotore)  $\frac{\text{cm}}{s}$
- $C$ : velocità assoluta (sangue)  $\frac{\text{cm}}{s}$
- $\alpha_2$ : l'angolo interno che si forma tra velocità assoluta e velocità tangenziale
-

## **4\_ OSSIGENATORE A MEMBRANA**

## 4.1 Saturazione di ossigeno

$$\text{SpO}_2 = \frac{(P_{O_2})^n}{(P_{50})^n + (P_{O_2})^n}$$

- $n$  : fattore che viene dato, **varia in base alla temperatura**.

## 5\_ DOMANDE ORALE

### 1. Pancreas artificiale

- **Costruzione e funzionamento:**

- Cos'è e come funziona un pancreas artificiale e quali componenti sono necessari?  
È composto da una pompa di infusione dell'insulina, da un sensore di glicemia e da un microcontrollore.

**Il microcontrollore** riceve informazioni dal **sensore di concentrazione del glucosio**, e invia un segnale attuatore alla **pompa di infusione**, regolando la velocità di infusione dell'insulina. Per il controllo viene utilizzato un algoritmo di controllo chiamato PID. Un algoritmo basato sui 3 tipi di errore, il **Proporzionale**, cioè basato sull'attuale errore rispetto al valore target di concentrazione. L'**Integrativo** (controllo) che tiene conto dell'errore cumulato (passato). **Derivativo**, tiene conto dell'andamento, quindi tiene conto dei futuri valori dell'errore.

- **Sistema di infusione di insulina:**

- Come funziona il sistema di infusione?  
La pompa è sostanzialmente una siringa, il cui stantuffo è collegato ad una vite che è possibile regolare in avanzamento tramite uno stepper motor e l'ingranaggio per la trasmissione del moto.
- In che unità si misura il glucosio? (mg/dL)
- Sensore del glucosio: come funziona e dove si posiziona nel corpo?

I sensori al glucosio si basano sulla misura di una corrente generata da una reazione di ossido-riduzione che avviene tra il glucosio e un'enzima apposito chiamato glucosio ossidasi, la corrente generata è legata alla concentrazione di glucosio poichè più glucosio viene ossidato e più elettroni vengono liberati.

Per la prima generazione di sensori che sono stati sviluppati, l'elettrone liberato riduce l'acqua generando  $H_2O_2$  (acqua ossigenata, perossido di idrogeno) la quale a contatto con l'elettrodo va a scindersi in ioni idrogeno, ossigeno  $O_2$  e 2 elettroni.

La seconda generazione perfeziona la reazione utilizzando un mediatore più stabile dell'ossigeno, il ferrocene, che evita la produzione di perossido di idrogeno che è sconsigliata perchè essendo più reattivo potrebbe dare gli elettroni, non all'elettrodo, ma ad altre specie falsando così la concentrazione di glucosio misurata.

Ovviamente non serve che tutto il glucosio si ossidi per sapere la concentrazione di glucosio, ma si sfrutta la cinetica della reazione, per cui si sa che più glucosio è presente e più alta sarà la concentrazione, per sapere esattamente la concentrazione si userà una curva di calibrazione. Cioè si associano livelli di concentrazione di glucosio conosciuti ad un valore di corrente generata.

In poche parole, la glucosio-ossidasi ossida il glucosio con l'aiuto della ddp degli elettrodi, l'enzima abbassa la ddp da applicare per far avvenire la reazione, questo è molto importante perchè abbassare la ddp significa che riduce la possibilità di interferire con altre specie elettroattive come l'acido urico e l'acido ascorbico (vitamina C).

Il ferrocene nelle vicinanze (della reazione di ossidazione) ha carenza di elettroni quindi cattura l'elettrone che viene rilasciato dall'ossidazione del glucosio, dopodichè il ferrocene viene attratto dall'elettrodo, al contatto rilascia l'elettrone ed è libero di catturare un nuovo elettrone dall'ossigenazione di un'altra molecola di glucosio.

- **Aspetti fisiologici del diabete:**

- Perché i pazienti diabetici hanno problemi con i trasportatori del glucosio?

Il perché i trasportatori non funzionano come dovrebbero può risiedere nella sintesi di trasportatori difettosi, oppure alla presenza di stati patologici come quello infiammatorio, in cui il trasportatore anche se non è difettoso si comporta in modo non fisiologico.

Meccanismo di ingresso del glucosio:

1. **Rilascio insulina**

Viene rilasciata dalle cellule  $\beta$  del pancreas in funzione della concentrazione di glucosio nel sangue.

L'insulina è il messaggero per l'avvio del processo di immagazzinamento del glucosio.

2. **Ricezione dell'insulina e avvio della costruzione del complesso**

L'insulina libera nel sangue si lega selettivamente alle cellule che hanno i recettori appositi per l'insulina, miociti(tessuto muscolo-scheletrico), epatociti e adipociti.

3. **Traslocazione del glut-4**

Il glut-4 è immagazzinata all'interno delle cellule stesse, all'interno di vescicole, il processo per cui queste vescicole vengono spinte sulla membrana si chiama traslocazione.

4. **Cattura e trasporto del glucosio**

Una volta che la costruzione del complesso è pronta, il glucosio viene spinto all'interno della cellula.

Le cellule principalmente coinvolte nell'immagazzinamento di glucosio sono quelle muscolari scheletriche (quelli necessari al movimento), dopodiché ci sono le cellule epatiche e infine gli adipociti.

- Come l'insulina abbassa la glicemia?



- Il meccanismo d'azione dell'insulina: come aiuta il glucosio ad entrare nelle cellule?

- **Dosaggio dell'insulina:**

- Come si calcola la quantità di insulina necessaria in base ai carboidrati del pasto?  
Con una formula apposita è possibile stimare una dose di insulina da iniettare per via sottocutanea. La formula tiene conto della quantità stimata di carboidrati assunti, livello attuale di glucosio, livello target di glicemia, quantità di insulina precedentemente iniettata ma non ancora assimilata e alcuni parametri specifici del paziente stabiliti dal medico.

## 1. Emodialisi e variazione di fluidi

- **Liquidi nel processo di emodialisi:**

- Come varia il liquido di dialisi e il sangue durante il processo?  
Questa domanda non ha senso
  - Definizione del flusso ematico e del liquido di dialisi.

In generale un flusso è una grandezza per unità di superficie.

- **Andamento della concentrazione di urea:**

- Perché l'andamento della concentrazione di urea controcorrente non è lineare, ma esponenziale?

- **Parametri di concentrazione:**

- Come influisce la differenza di concentrazione ( $\Delta C$ ) sul flusso  $J_s$  e sulla concentrazione superficiale?

## 2. Membrane e trasporto durante la dialisi

- **Albumina e dimensioni dei pori:**
  - Dimensione dell'albumina rispetto ai pori della membrana ( $r = 3,6$  vs  $R = 4$ )
  - Perché l'albumina non passa attraverso la membrana?
- **Parametri di diffusione:**
  - Cosa rappresenta il parametro  $\lambda$  (lambda) e perché è importante?
  - Relazione tra volume dei pori e volume interno del cilindro.
  - Definizione e calcolo del parametro  $\epsilon$  come rapporto tra volumi.

### 3. Misura e monitoraggio durante la dialisi

- **Conducibilità:**
  - Perché monitorare la conducibilità durante la dialisi?
  - Come si misura la conducibilità e perché è rilevante per la sicurezza del paziente?
- **Concentrazione degli elettroliti:**
  - Perché è importante mantenere livelli corretti di elettroliti per evitare rischi letali?
- **Resistenza elettrica e conducibilità:**
  - Come viene misurata la resistenza e in che modo i ioni influenzano la corrente elettrica?

### 4. Circuito di emodialisi e componenti

- **Componenti principali:**
  - Descrivere il circuito di emodialisi.
  - Funzionamento della pompa peristaltica e della trappola per bolle.
- **Rischi:**
  - Quali rischi comporta l'ingresso di aria nel circuito?
- **Pressioni:**

- Qual è la differenza di pressione a monte e a valle della pompa?
- **Misurazione della conducibilità:**
  - Spiegare il funzionamento del Ponte di Wheatstone per misurare la conducibilità e come bilanciarlo.

#### 5. Emolisi e pompe peristaltiche

- **Emolisi:**
  - Come si stima e si verifica la presenza di emolisi nel circuito?
- **Differenza tra pompe per emodialisi e CEC:**
  - Differenze tra pompe peristaltiche utilizzate in emodialisi e nella circolazione extracorporea (CEC).
  - Portata attesa e unità di misura per le pompe di CEC.
- **Caratteristiche del circuito CEC:**
  - Volume di sangue (7L) e dimensioni dei tubi.
  - Necessità di meati adeguati per evitare emolisi.
  - Metodo per calcolare la grandezza dei meati.

#### 6. Curve caratteristiche delle pompe

- **Prevalenza e punto di funzionamento:**
  - Cos'è la prevalenza di una pompa?
  - Come identificare il punto di funzionamento su un grafico della curva caratteristica.

## **6 CORREZIONE ESAMI**

\*Si tenga conto che alcune risposte possono non essere testualmente uguali a quelle dell'esame, ma il significato è uguale.

## **6.1 Esame del 14/11/2024**

## 6.1.1 Crocette

1. **Come si determina la costante di affinità di una proteina?**

Dal reciproco della concentrazione della proteina nella soluzione che satura il 50% dei legami

2. **Da cosa dipende l'assorbanza di un campione?**

Dalla concentrazione del soluto

3. **Valori tipici della portata ematica?**

300-400 ml/min

4. **Qual è l'effetto di un aumento della pressione in ingresso del sangue in un dializzatore a parità di portata?**

Un aumento della portata di acqua plasmatica filtrata (trasporto convettivo)

5. **Come varia la pressione idraulica nel lato sangue lungo la fibra di un dializzatore?**

La pressione ha un andamento lineare decrescente nel verso di scorrimento del sangue.

note:

Si capisce dalla legge di Poiseuille dove  $\Delta p$  ha una dipendenza lineare alla lunghezza L:

$$\Delta p = \frac{8\mu L Q}{\pi R^4} \propto L$$

**6. Per quale motivo serve la trappola per le bolle in un circuito di emodialisi?**

Per il pericolo di aspirazione dalla linea arteriosa.

note:

Il dializzatore è a valle della pompa, ciò implica che nel condotto della **linea del dializzatore** vi sia una pressione positiva che tende a far uscire il contenuto, nel caso una guarnizione del dializzatore non tenesse, si avrebbe fuoriuscita di liquido, non verrebbe aspirata aria, per cui non c'è pericolo bolle dalla linea del dializzatore.

Nella linea sangue, il sangue viene aspirato dalla **linea arteriosa** e spinto nella **linea venosa** (di ritorno al paziente). La pompa aspira dalla arteriosa, essendo a valle rispetto a questa, e spinge nella venosa, essendo a monte di questa. Per cui il problema di aspirazione di aria si può avere nella linea arteriosa dove viene aspirato sangue dal paziente.

**7. Come può essere ottenuta la concentrazione di elettroliti richiesta per il liquido di dialisi?**

Ci deve essere una certa concentrazione di sali e di bicarbonato. (risposta non testuale)

nota:

La forma dissociata del bicarbonato è  $\text{HCO}_3^-$

**8. Formula del Sieving Coefficient**

Rapporto tra concentrazione del soluto prima e dopo la membrana

**9. Come viene prelevato il sangue in uscita dal paziente in un circuito per la circolazione extracorporea?**

Mediante la gravità

10. **Qual è l'effetto di un aumento delle resistenze periferiche in un paziente trattato con circolazione extra-corporea con pompa peristaltica?**

Aumenta la pressione a valle

11. **Come può essere ridotta la PCO<sub>2</sub> nel sangue in un circuito ECMO?**

Si aumenta la portata di gas

note:

Non si può cambiare la portata di sangue perchè cambia l'emodinamica.

12. **Cosa genera la pulsatilità del flusso di sangue nel VAD?**

La variazione della differenza di pressione tra atrio e ventricolo

13. **Qual è l'effetto di una pompa (centrifuga?) sul fattore di Von Willebrandt?**

Riduce i multimeri ad Alto peso molecolare

14. **Quale dei seguenti fattori aumenta la prevalenza di una pompa di centrifuga per la circolazione extracorporea? L'angolo della palettatura in uscita dal rotore**

note:

Dato dalla formula della prevalenza

15. **Cosa si intende con pancreas artificiale?**

È il sistema di rilevamento della glicemia in continuo con la perfusione di glicemia automatica.



## 6.1.2 Esercizio 1

Calcolare la concentrazione di albumina nel liquido di dialisi all'uscita del dializzatore in microgrammi millilitri, assumendo che sia rimossa per sola diffusione attraverso una membrana di  $50\text{ }\mu\text{m}$  e di spessore  $1\text{ m}^2$ , in cui sono presenti i pori cilindrici del diametro di  $10\text{ nm}$ , che occupa il 2,5% della superficie della membrana, si assuma che la portata del liquido di dialisi  $500\text{ mL/min}$ , la concentrazione del plasma dell'albumina è  $3,6\text{ g/dL}$ , la diffusività è  $9.28 \cdot 10^{-7} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$  e il raggio dell'albumina sono  $3,54\text{ nm}$ .

Si usi la seguente formula per il fattore di Hindrance:

$$\varepsilon = (1 - \lambda)^2(1 - 2.104\lambda + 2.09\lambda^3 - 0.95\lambda^5)$$

valore di verifica: 0.143 facendo l'errore di considerare il diametro anzichè il raggio ( $\lambda = \frac{3.54}{10}$ )

Inoltre si disegni il grafico dell'andamento della concentrazione in funzione dello spessore della membrana.

### 6.1.3 Esercizio 2

All'inizio della seduta dialitica la concentrazione dell'urea è di 136 mg/dL, la portata è di 300 ml/min. Il liquido di dialisi si muove controcorrente ad una portata di 500 ml/min. Si calcoli quali sono le concentrazioni dell'urea in mg/dL nel liquido di dialisi e nel plasma all'uscita dal dializzatore e si presenti graficamente l'andamento della concentrazione di urea del sangue e nel liquido di dialisi lungo il dializzatore. Nel caso si colleghi il dializzatore alle linee in modo che i fluidi si muovano in equicorrente si calcoli quale sarebbe la massima clearance dell'urea ottenibile e si rappresenti il diagramma delle concentrazioni dell'urea nel plasma e nel liquido lungo il dializzatore in questa configurazione.

[Grafico]

il grafico mette in relazione portata ematica e clearance e mostra che la clearance aumenta linearmente fino a raggiungere un plateau per cui si satura (rimane costante).

Da cui per 300 ml/min di portata di sangue si ottiene una clearance di 262 ml/min.

#### 6.1.3.1 Soluzione

1. Si può calcolare la portata massica di urea ceduta al liquido di dialisi con la clearance  $K$  e la concentrazione  $C$  di urea nel sangue:

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= K \cdot C_{\text{sangue}} = \\
 &= 262 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \cdot \frac{136 \text{ mg}}{100 \text{ ml}} = \\
 &= 356.32 \frac{\text{mg}}{\text{min}}
 \end{aligned}$$

2. Quindi si può ricavare la concentrazione di urea nel liquido di dialisi all'uscita con la portata della dialisi e la portata massica:

$$C_{\text{ld}} = \frac{\dot{m}}{Q_{\text{ld}}} = \frac{356.32 \frac{\text{mg}}{\text{min}}}{500 \frac{\text{ml}}{\text{min}}} = 0.713 \frac{\text{mg}}{\text{ml}} = 71.264 \frac{\text{mg}}{\text{dl}}$$

3. Per il sangue, siccome la clearance è la portata di sangue totalmente pulita si può calcolare considerando la massa di soluto che è presente solo nella portata di sangue sottratta alla clearance:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{sangue fin.}} &= \frac{Q_{\text{sangue}} - K}{Q_{\text{sangue}}} \cdot C_{\text{sangue iniz.}} = \\
 &= \frac{(300 - 262) \frac{\text{ml}}{\text{min}}}{300 \frac{\text{ml}}{\text{min}}} \cdot 136 \frac{\text{mg}}{\text{dl}} = \\
 &= 17.227 \frac{\text{mg}}{\text{dl}}
 \end{aligned}$$

4. Nel caso di configurazione equicorrente, la concentrazione finale sarà uguale per sangue e liquido di dialisi, pari a:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{finale}} &= \frac{Q_{\text{sangue}}}{Q_{\text{sangue}} + Q_{\text{ld}}} \cdot C_{\text{iniziale}} = \frac{300 \frac{\text{ml}}{\text{min}}}{(300 + 500) \frac{\text{ml}}{\text{min}}} \cdot \frac{136 \text{ mg}}{100 \text{ ml}} = \\
 &= 0.51 \frac{\text{mg}}{\text{ml}} = 51 \frac{\text{mg}}{\text{dl}}
 \end{aligned}$$

5. Per calcolare la K per l'equicorrente, si divide la portata del sangue in una completamente pulita K e una che deve trasportare tutta la portata massica di soluto che è presente all'inizio:

$$Q_{\text{parziale}} + K = Q_{\text{sangue}}$$

Usando il bilancio di massa:

$$C_{\text{finale}} \cdot Q_{\text{sangue}} = Q_{\text{parziale}} \cdot C_{\text{iniziale}} + K \cdot C_{\text{nulla}} = Q_{\text{parziale}} \cdot C_{\text{iniziale}}$$

$$Q_{\text{parziale}} = \frac{C_{\text{finale}}}{C_{\text{iniziale}}} \cdot Q_{\text{sangue}}$$

$$\begin{aligned} K &= Q_{\text{sangue}} - Q_{\text{parziale}} = Q_{\text{sangue}} \left( 1 - \frac{C_{\text{finale}}}{C_{\text{iniziale}}} \right) \\ &= 300 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \cdot \left( 1 - \frac{51 \text{ mg/dl}}{136 \text{ mg/dl}} \right) = 187.5 \frac{\text{ml}}{\text{min}} \end{aligned}$$

## 6.1.4 Risultati

- Clearance iniziale = 262 mL/min
- Concentrazione nel liquido di dialisi = 0.71 mg/mL (71.26 mg/dL)
- Concentrazione nel plasma dopo dialisi = 0.17 mg/mL (17.227 mg/dL)
- Concentrazione finale nell'equilibrio = 51 mg/mL
- Clearance finale con bilancio di massa = 187.5 mL/min

### **Conclusione:**

Il dializzatore con controcorrente risulta più efficiente, con una clearance di 262 mL/min rispetto alla clearance dell'equicorrente di 187.5 mL/min.

### 6.1.5 Esercizio 3

L'angolo acuto tra l'asse delle palette e la circonferenza dell'ingresso è  $30^\circ$ . Il raggio interno del rotore è di 12 mm. L'altezza della palettatura è di 2 mm. Si calcoli a che velocità di rotazione della pompa si ottiene il massimo rendimento quando la portata è 5400 mL/min. Si assume che la velocità in ingresso sia uniforme lungo l'altezza della palettatura. Si rappresenti graficamente la vista in pianta della palettatura dei vettori di velocità ingresso e uscita dal rotore nel caso che la palettatura formi un angolo di  $90^\circ$  con la circonferenza esterna del rotore.

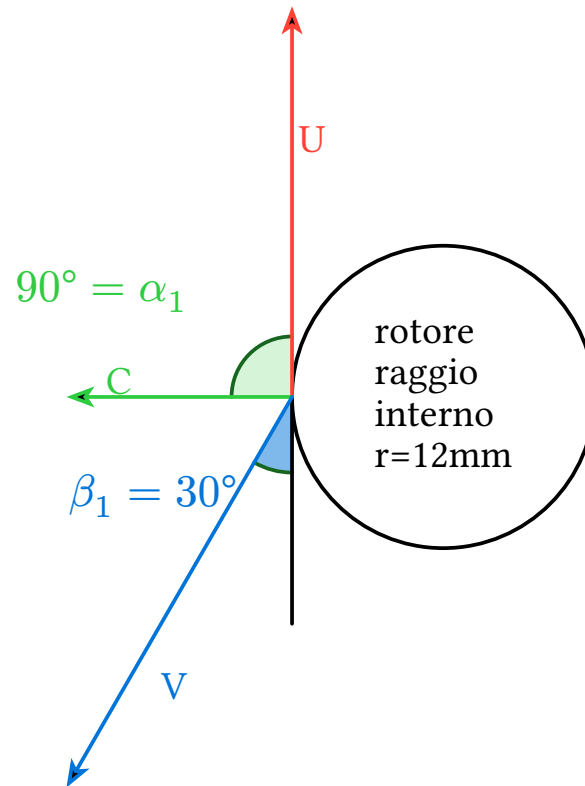


Figure 1: Rappresentazione del triangolo delle velocità in ingresso per il problema presentato. Proporzioni rispettate.



## 6.1.6 Risultati

$$\omega = 86.143 \text{ rad/s} = 822.605 \text{ RPM}$$

## 6.1.7 Soluzione

### 6.1.7.0.1 Calcolo della Velocità di Ingresso

La portata della pompa è di 5.400 mL/min, che corrisponde a 5,4 L/min. La velocità di ingresso  $C_1$  può essere calcolata con la seguente formula:

$$C_1 = \frac{\text{Portata}}{\text{Area}}$$

Dove l'area dell'ingresso è data dalla formula:

$$\text{Area} = 2\pi r h$$

Con:

- Raggio  $r = 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm}$ ,
- Altezza della palettatura  $h = 2 \text{ mm} = 0,2 \text{ cm}$ .

Calcoliamo l'area:

$$\text{Area} = 2\pi \cdot 1,2 \cdot 0,2 = 1.508 \text{ cm}^2$$

Ora possiamo calcolare la velocità di ingresso:

$$C_1 = \frac{5400 \text{ cm}^3 / 60 \text{ sec}}{1.508 \text{ cm}^2} = 59.682 \text{ cm/s}$$

#### 6.1.7.0.2 Calcolo della Velocità di Uscita per il Massimo Rendimento

Per ottenere il massimo lavoro utile si assume che  $\alpha_1 = 90^\circ$  (stando a quanto confermato da Campiglio) e la velocità relativa  $V_1$  deve essere allineata con  $\beta_1$  (stando a quanto detto da Remuzzi) che in questo caso è dato pari a  $30^\circ$ .

La velocità di uscita  $V_1$  è:

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{C_1}{\cos(\beta_1 - 90^\circ)} = \frac{C_1}{\cos(30^\circ - 90^\circ)} = \frac{C_1}{\cos(60^\circ)} = \\ &= \frac{C_1}{\frac{1}{2}} = 2C_1 = 2 \cdot 59.682 = 119.364 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

### 6.1.7.0.3 Calcolo della Velocità Angolare della Pompa

Siccome il triangolo delle velocità è un triangolo rettangolo ipotenusa  $C_1$ , si calcola  $U_1$  con il teorema di pitagora:

$$V_1^2 = U_1^2 + C_1^2$$

Per cui:

$$\begin{aligned} U_1^2 &= V_1^2 - C_1^2 \\ U_1 &= \sqrt{V_1^2 - C_1^2} = \\ &= \sqrt{(119.364 \text{ cm/s})^2 - (59.682 \text{ cm/s})^2} \\ &= 103.372 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Da cui si ottiene la velocità angolare con:

$$\omega = \frac{U_1}{r} = \frac{103.372 \text{ cm/s}}{1.2 \text{ cm}} = 86.143 \text{ rad/s}$$

#### 6.1.7.0.4 Conversione in Giri al Minuto

Per ottenere la velocità angolare in giri al minuto (rpm), convertiamo i radianti in giri. Sappiamo che 1 giro corrisponde a  $2\pi$  radianti, dopodichè si converte da secondi a minuti. Pertanto, la velocità angolare in giri al minuto è:

$$\begin{aligned}\text{RPM} &= \omega(\text{rad/s}) \cdot \frac{60 \frac{\text{s}}{\text{min}}}{2\pi(\text{rad/giro})} \\ &= 86.143 \text{ rad/s} \cdot \frac{60 \text{ s/min}}{2\pi \text{ rad/giro}} = 822.605 \text{ giri/min}\end{aligned}$$