

Transferts transmembranaires : ultrafiltration

I. ULTRAFILTRATION A TRAVERS LES MEMBRANES BIOLOGIQUES

A. Rôle des forces en présence

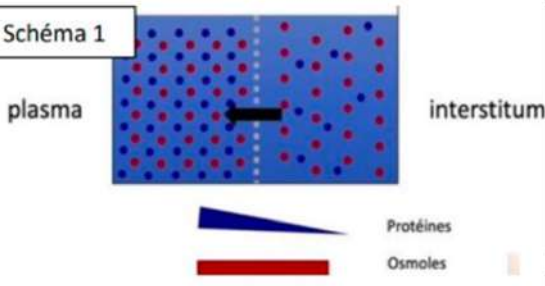
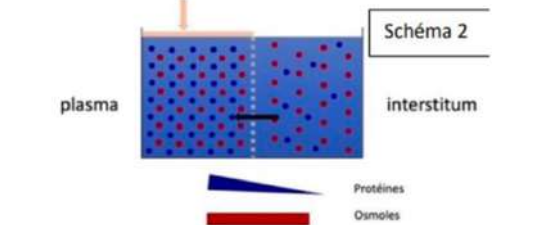
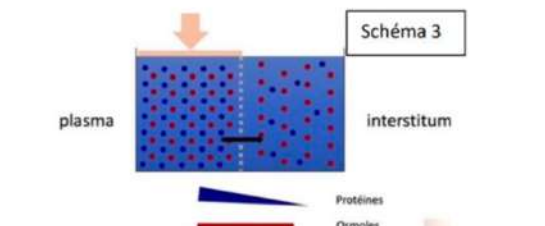
‡ **osmole** : petites molécules en **solutions** (revu dans un autre cours)

‡ **ultrafiltration** : passage **uniquement** d'eau et d'osmoles à travers les membranes biologiques (PAS les **protéines** (car trop grosses)

⇒ Elle caractérise les échanges à travers les membranes de l'organisme.

‡ **Pression oncotique** $P\pi$: dépend de la concentration des molécules en **suspension** (protéines), elle se manifeste par la tendance de l'eau à aller vers le compartiment où la concentration en protéine est **supérieure** (du - concentré vers le + concentré)

⇒ Cherche à aller vers **l'intérieur** du **capillaire**

<p>Schéma 1</p>  <p>plasma</p> <p>interstitium</p> <p>Protéines</p> <p>Osmoles</p>	<p>La pression oncotique est plus importante dans le compartiment de gauche (plasma) car la concentration en protéines est plus importante.</p> <p>Le plasma est donc plus riche en protéines que l'interstitium +++ (espace entre les vaisseaux, cellules...)</p> <p>L'eau va donc tendre à passer du compartiment de droite vers le gauche (- vers +)</p> <p>L'eau cherche toujours à « diluer » le compartiment le plus concentré (- concentré vers le +)</p>
<p>Schéma 2</p>  <p>plasma</p> <p>interstitium</p> <p>Protéines</p> <p>Osmoles</p>	<p>Si on exerce une pression hydrostatique (avec un piston=) sur la gauche (plasma) on va générer un flux dans le sens inverse à celui généré par la pression oncotique.</p> <p>On limite donc le flux d'eau dans le sens : Interstitium → plasma</p>
<p>Schéma 3</p>  <p>plasma</p> <p>interstitium</p> <p>Protéines</p> <p>Osmoles</p>	<p>Maintenant, si on augmente la P hydrostatique jusqu'à ce qu'elle devienne supérieure à la P oncotique, on INVERSE le sens du flux hydrique (on limitait avant)</p> <p>Donc le flux va de droite à gauche (+ concentré vers le -)</p>

En générale les échanges se font au niveau des **capillaires**, entre le **plasma** et **l'interstitium**. Dans le corps, les deux pressions entrent en jeu en **même temps** (on voit ça juste après bg)..

LA RELATION DE STARLING

Elle permet de caractériser le **débit d'ultrafiltration** :

c = capillaire
 i = interstitiel
 P = pression hydrostatique
 π = pression oncotique

Gradient de pression hydrostatique Gradient de pression oncotique

$$\text{Débit d'ultrafiltration} = [(P_c - P_i) - (\pi_c - \pi_i)]$$

Le débit d'ultrafiltration est **proportionnel** à la différence entre le gradient de **pression hydrostatique** et le gradient de **pression oncotique**.

Cette relation va permettre de savoir quelle pression **prédomine** et donc dans quel sens elle évoluera le fluide. Les deux pressions ont un **sens opposé**, celle qui **prédomine impose** le sens des échanges.

Tut'help :

P oncotique : Favorise le transfert du liquide ; du **liquide interstitiel** vers le **capillaire**

P hydrostatique : pulse à **l'intérieur** du capillaire, favorise le transfert du liquide du **capillaire** vers le **liquide interstitiel**.

LES CAPILLAIRES STANDARDS

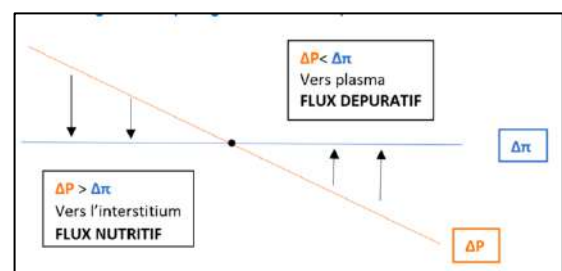
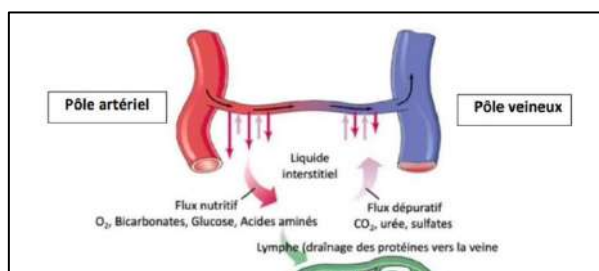
◇ **pôle artériel** & **veineux**.

◇ flux **nutritif** & flux **dépuratif**

Pourquoi dépuratif / nutritif ???

Nutritif : les **nutriments** contenus dans le sang vont aller dans les tissus (donc vont diffuser **à travers** les **capillaires**) pour répondre aux besoins énergétiques des différents tissus/organes.

Dépuratif : les **déchets** des tissus vont diffuser pour aller rejoindre le **sang (veineux)** qui sera épuré de ces déchets (reins et poumons).



◇ on a donc un flux **nutritif** au pôle **artériel** car $\Delta P > \Delta \pi$: les **nutriments** vont à l'extérieur. ++

◇ un flux **dépuratif** au pôle **veineux** car $\Delta \pi > \Delta P$: les **déchets** rejoignent les veines. ++

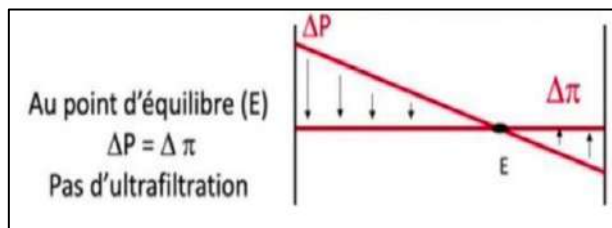
- La **pression hydrostatique** P dans le **capillaire** est **forte** au départ (**pôle artériel**) et **diminue** en se rapprochant du **pôle veineux**.

Cette diminution est dû à la **forte** pression des artères à la sortie du cœur. En circulant, la pression diminue dû **aux frottements** (les veines sont **après** les artères).

N.B : la pression **hydrostatique** des **tissus** est **LÉGÈREMENT NÉGATIVE** parce qu'ils ont une **élasticité** qui exerce une traction sur les parois.

La P hydrostatique est **positive** dans les fluides mais **negative** dans les tissus. C'est notamment dû à la **tension de surface** qui « tire » les parois des cellules vers **l'intérieur** (non expliqué par le prof donc osef si tu comprends pas)

- La **pression oncotique** est **STABLE** tout au long du capillaire (**70g/L**). +++
C'est logique ! Elle dépend des protéines qui ne passent **PAS** la membrane (**#ultrafiltration**)



On étudie les échanges avec **les courbes des gradients de pressions**, en regardant quel gradient est **supérieur**. On a donc, un flux **nutritif** & **dépuratif**, ainsi qu'un **point d'équilibre** E (**croisement des 2 droites**) où les gradients sont équivalents, les flux ont la même **intensité** !

PROPRIÉTÉS DES CAPILLAIRES STANDARDS

Perméabilité

- **Imperméable** aux **protéines**
- Perméables aux osmoles et eau

Pression interne

- Pression exercée par le **cœur** = pression **hydrostatique** (**positive**)
- Pression exercée par les protéines = **oncotique** (**70g/l**) (**forte**)

Pression externe

- Pression dans les tissus = **hydrostatique** (**NÉGATIVE**)
- Pression exercée par les **protéines** (**17g/L**) = **faible** pression oncotique

L'EFFET DONNAN

Ok c'est cool les pressions permettent de réguler les flux mais les protéines dans tout ça ?? C'est comme pour un filtre à café, le fluide passe le filtre (membrane) mais le café (protéines) ne peut PAS passer. Au bout d'un moment le fluide ne passe plus à cause d'un colmatage

Elles ne peuvent PAS passer la membrane, elles sont « bloqués » dans les capillaires et risquent de s'encrasser sur la membrane !! C'est là qu'intervient l'effet Donnan :

- Uniquement dans les capillaires standards (**!!** piège qcms)

Les protéines sont électronégatives. Comme les charges de mêmes signes se repoussent, l'effet Donnan répartit les charges négatives à l'intérieur de la lumière (=partie interne) des capillaires.

Les protéines ne sont plus sur les parois, les fluides peuvent passer sans problème.

Membrane capillaire			
Plasma	-	+	Liquide interstitiel
Na ⁺ = 150 mmol/kg d'eau	-	+	Na ⁺ = 144 mmol/kg d'eau
Cl ⁻ = 109 mmol/kg d'eau	-	+	Cl ⁻ = 114 mmol/kg d'eau
Protéines = 70 g/l	-	+	Protéines = 17 g/l
Somme des anions = somme des cations	-	+	Somme des anions = somme des cations

Tut' récap : capillaires standards

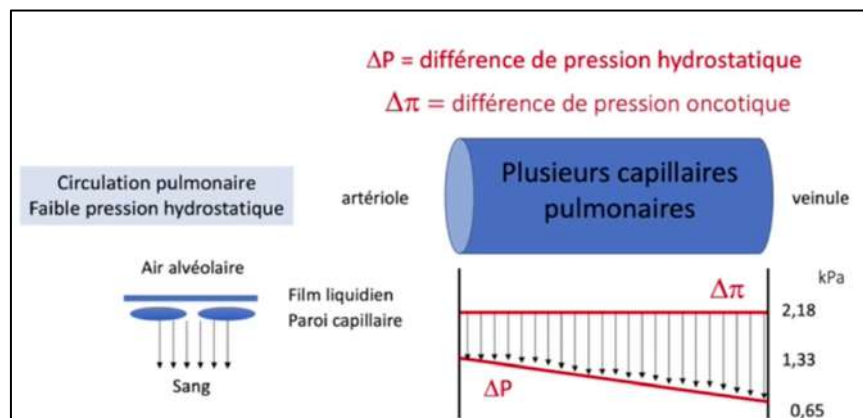
- La pression hydrostatique diminue en se rapprochant du pôle veineux
- La pression oncotique est STABLE (protéines ne passent pas)
- $\Delta P > \Delta \pi$ au pôle artériel : flux nutritif, les nutriments sortent vers l'interstitium.
- $\Delta P < \Delta \pi$ au pôle veineux : flux dépuratif, les déchets vont aux veines.
- Effet Donnan

B. Différents types de membranes biologiques

LES CAPILLAIRES PULMONAIRES

Dans la circulation pulmonaire, il y a une faible pression hydrostatique.

De fait, l'équilibre entre les gradients de pression est différent par rapport à ce que l'on vient de voir :



- La **pression oncotique** est **STABLE**, elle ne varie pas entre le pôle artériel et veineux (comme les capillaires standards)
- Le gradient de pression **hydrostatique ΔP diminue** du pôle artériel au pôle veineux
 - En raison de la perte de charge (= des frottements).

Mais, on remarque que le **ΔP** est **TOUJOURS INFÉRIEUR** au gradient oncotique **$\Delta \pi$** .

- ⇒ Cela signifie que les alvéoles pulmonaires sont **drainées** en permanence et que le liquide qui y règne n'est qu'un **petit film** liquidien, à travers lequel se font des **échanges gazeux**.

Le liquide est **TOUJOURS** dirigé vers les **capillaires** (pas vers les alvéoles) pour qu'elles ne soient pas **noyées**.

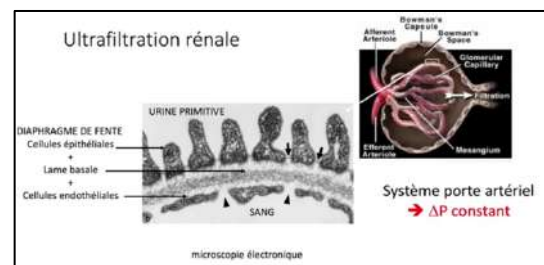
ULTRAFILTRATION RÉNALE

A l'intérieur des reins, le régime de pression est encore différent :

Il y a un **système porte artériel** qui est à très **FORTE** pression par rapport à la circulation systémique (alors que dans les capillaires pulmonaires on a une faible pression).

Les unités de filtration sont représentées par les **glomérules**. Il est composé de 3 types de vaisseaux sanguins :

- Les artéioles **afférentes** en haut
- Les artéioles **efférentes** en bas
- Les **capillaires glomérulaires**



En grossissant au ME un capillaire glomérulaire, on peut observer les cellules **épithéliales** (digitations en haut), la **lame basale** (milieu) et des cellules **endothéliales aplaties** (en bas).

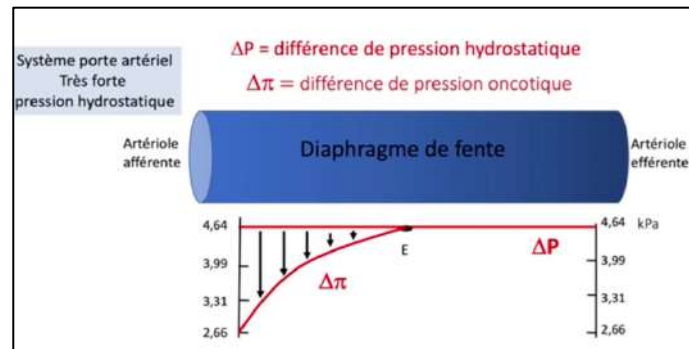
C'est quoi ?? (pas expliqué donc pas à apprendre)

Le **glomérule** est un ensemble de vaisseaux **sanguins** associés à des **tubules** rénaux. Le tout formant le **néphron** (unité fonctionnelle du rein). Le glomérule permet la **filtration** du sang afin de produire l'urine.

LES CAPILLAIRES RENAUX

Le **diaphragme de fente** fait référence à l'**ultrafiltration** dans les reins. Ce terme désigne les échanges qu'on observe au niveau des capillaires glomérulaires rénaux, au niveau des podocytes (cellules de l'épithélium rénal). Info en plus, pas à savoir.

A l'intérieur de **diaphragme de fente** (de bas en haut), il y a une **ultrafiltration**. Le système est à **forte pression hydrostatique** (à cause du système porte).



- Le ΔP ne varie PAS de l'artériole afférente à l'artériole efférente.

Comme le plasma filtre à travers le diaphragme de fente, les protéines se concentrent à l'intérieur du plasma puisque tout le liquide se dirige vers l'extérieur du capillaire (car ΔP prédomine).

- On aura donc, moins de liquide pour autant de protéines
 - o La concentration en protéines AUGMENTE

C'est des maths : $C = \frac{n}{V}$, la quantité de protéine est la même mais le volume diminue donc, la concentration augmente !

Tut'rappel :

Pression oncotique favorise transfert de l'extérieur vers l'intérieur (capillaire).

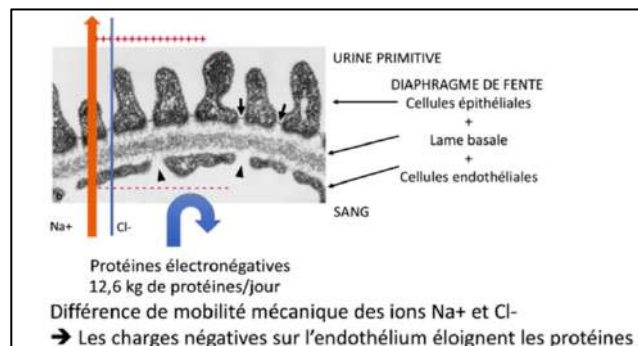
Pression hydrostatique favorise le transfert de l'intérieur (capillaire) vers l'extérieur

- La pression oncotique exercée dans le capillaire AUGMENTE.
 - o Jusqu'au niveau du ΔP , à ce moment, le flux s'interrompt.

Ce rapport des gradients indique donc qu'il y a une ultrafiltration qui va toujours dans le sens :

⇒ du capillaire (intérieur) vers l'urine primitive (extérieur).

Il n'y a donc PAS de protéines dans l'urine primitive bien que le $\Delta \pi$ arrive au niveau d'équilibre.



Pour éviter que le filtre glomérulaire ne s'encrasse, la mobilité différentielle du sodium et du chlorure à l'intérieur de diaphragme de fente crée une lumière capillaire électronégative qui repousse les protéines.

⇒ La force électrostatique permet le maintien du filtre.

C. Épanchement et œdèmes

Lorsque les gradients de pression ne sont plus répartis correctement, du liquide extracellulaire va s'accumuler.

‡ œdème : accumulation de liquide dans le tissu sous cutané.

- Se traduit par le signe du godet
 - On laisse la trace du doigt lorsqu'on appuie, en comprimant le tissu sous-cutané (*ntm la crête tibiale antérieure*).

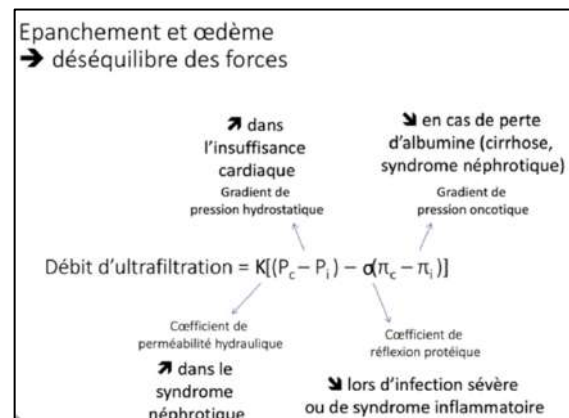
L'œdème peut également se trouver dans les alvéoles pulmonaires, ce qui va provoquer une dyspnée ou un essoufflement, accompagnés d'une expectoration mousseuse et rosée (comme le plasma).

‡ épanchement : accumulation de liquide extracellulaire dans les cavités virtuelles de l'organisme (plèvre, péricarde, péritoine).

- Pleurésie (plèvre) : matité lors de la percussion du thorax.
- Péricardite (péricarde) : bruits de frottements à l'auscultation.
- Ascite (péritoine) : vibration déclenchée par une pichenette d'un côté l'abdomen.

La relation de Starling nous indique comment en pathologie les œdèmes et les épanchements se forment.

Dans l'insuffisance cardiaque, la cirrhose (foie) ou encore dans le syndrome néphrotique, les gradients de pressions ainsi que les coefficients de perméabilités ou de réflexion protéiques sont modifiés.

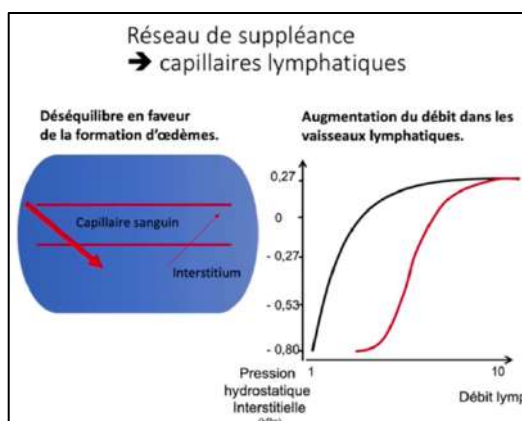


Tu t'rappe! : Le débit d'ultrafiltration est proportionnel à la différence entre le gradient de pression hydrostatique et le gradient de pression oncotique.

LES CAPILLAIRES LYMPHATIQUES

Il existe un réseau de suppléance dans l'organisme.

Lorsque le flux de plasma s'extravase dans l'interstitium (vers l'extérieur des capillaires) et qu'il rentre dans les capillaires par la suite en quantité moins importantes, il n'y a pas pour autant la formation d'œdèmes ou d'épanchements.



En effet, il existe un **réseau lymphatique** qui va être capable de conduire le liquide **interstitiel** vers la **veine cave supérieure** (VCS).

Ce réseau possède un débit qui **augmente** considérablement lorsque la **pression interstitielle** devient **positive** (cf graphique à droite). Cela se produit lorsqu'il y a une quantité de liquide **anormale** dans l'**interstitium**.

En gros : La pression **interstitielle** est « normalement » **négative** (faible filme liquidien), lorsqu'elle devient **positive**, on a trop de liquide dans l'**interstitium**. A ce moment, le **réseau de suppléance** (lymphatique) va se mettre en marche et **drainer** ce liquide (pour éviter les œdèmes...). Les **œdèmes** et **épanchements** apparaissent donc quand le système lymphatique est **saturé**.

CONCLUSION

- L'ultrafiltration) travers les membranes biologiques concerne l'eau, l'ensemble des osmoles mais **PAS** les **protéines** !!
 - (sauf dans les capillaires **sinusoïdes du foie**, puisque le foie fabrique les protéines).
- La relation de **Starling** désigne l'équilibre des forces responsables de l'ultrafiltration.
- Le déséquilibre de ces forces est extrêmement fréquent en médecine

RECAP pour les champions

STANDARDS	PULMONAIRES	RÉNAUX
- Pôle artériel / veineux - $\Delta\pi$ stable - ΔP diminue $\Delta P > \Delta\pi$: nutritif $\Delta P < \Delta\pi$: dépuratif • Effet Donnan	- Pôle artériel / veineux - $\Delta\pi$ stable - ΔP diminue ΔP toujours $< \Delta\pi$ Alvéoles → capillaires	- Artériole affé / effé - $\Delta\pi$ augmente - ΔP stable Diaphragme de fente <u>Pas</u> de protéines dans l'urine Capillaires → urine primitive



La fiche est complète youhouuuuu

La moindre question / incompréhension → fofo

Grosse dédicace à toi ! Donne tout et rdv en p2 😊