

# Φυσιολογία περιτοναίου και αρχές της περιτοναϊκής κάθαρσης

Όλγα Μπαλάφα

Νεφρολόγος-Διευθύντρια ΕΣΥ

Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Ιωαννίνων

# Ερώτηση 1η

Η ταχύτητα διάχυσης της ουρίας συγκρινόμενη με την ταχύτητα διάχυσης της κρεατινίνης (διαμέσου της περιτοναϊκής μεμβράνης) στον ίδιο ασθενή είναι:

- α) μεγαλύτερη
- β) μικρότερη
- γ) ίδια
- δ) εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μεμβράνης

# Ερώτηση 2η

Ασθενής 70 ετών σε πρόγραμμα CAPD (3\*2.0L\* 1,36% διάλυμα γλυκόζης και ικοντεξτρίνη 2L) με ημερήσιο υπερδιήθημα 600-800ml χωρίς ούρα, ζητά να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD. Στο πρόσφατο PET test, D/P κρεατινίνης 0,50. Τι να τον συμβουλεύσουμε:

- α) μπορεί να ενταχθεί σε APD, αφού το επιθυμεί
- β) να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD γιατί θα έχει καλύτερη κάθαρση
- γ) να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD γιατί θα έχει μεγαλύτερο υπερδιήθημα
- δ) να παραμείνει ως έχει σε CAPD γιατί πιθανά σε πρόγραμμα APD δε θα έχει ικανοποιητικό ημερήσιο υπερδιήθημα

# Ερώτηση 3η

Το διάλυμα ικοντεξτρίνης δίνει υπερδιήθημα προκαλώντας μετακίνηση νερού κύρια από:

- α. Κανάλια νερού
- β. Μικρούς πόρους
- γ. Κανάλια νερού και μικρούς πόρους
- δ. Μεγάλους πόρους

# Ερώτηση 4η

Η κάθαρση φωσφόρου σε έναν ασθενή με σταθερή δίαιτα είναι

- α) ανεξάρτητη του προγράμματος ΠΚ
- β) μεγαλύτερη σε πρόγραμμα APD
- γ) μεγαλύτερη σε πρόγραμμα CAPD
- δ) τίποτα από τα παραπάνω

# Περιτοναϊκή κάθαρση (ΠΚ)

Κατ' οίκον κάθαρση (home dialysis)

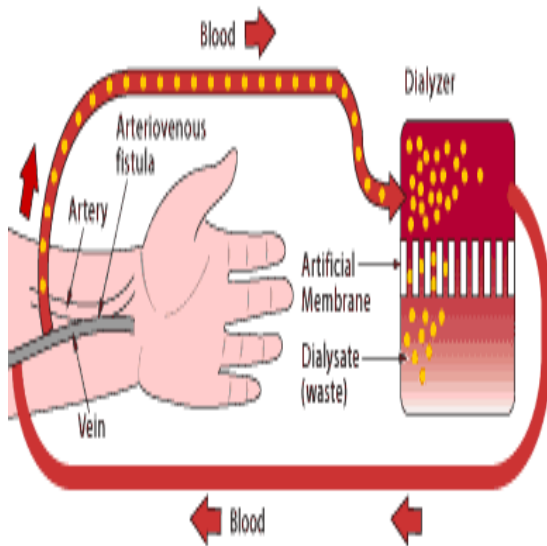
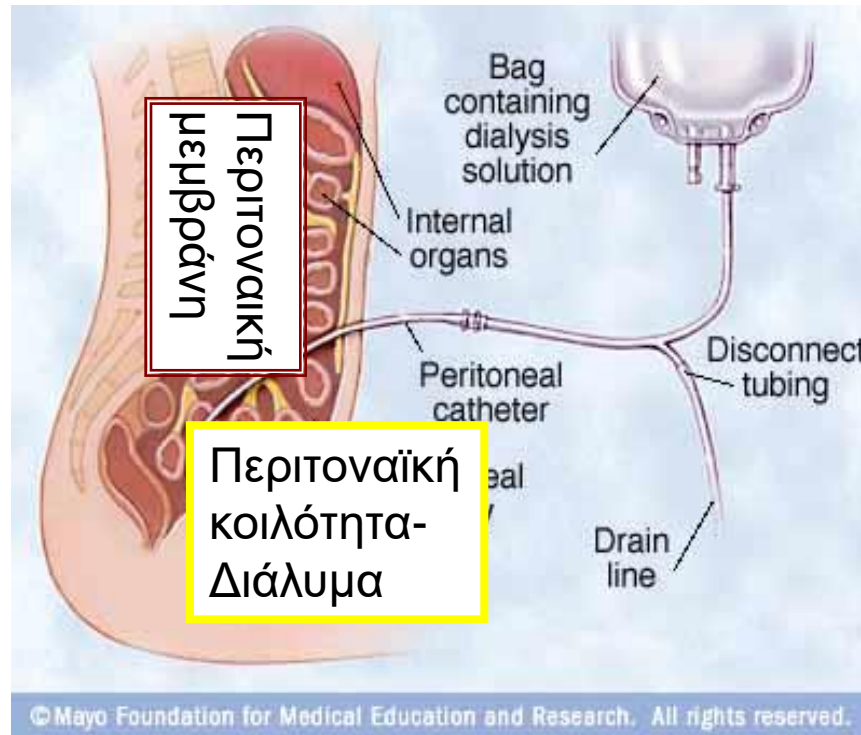


Figure 1 Hemodialysis



# Συνταγογράφηση ΠΚ

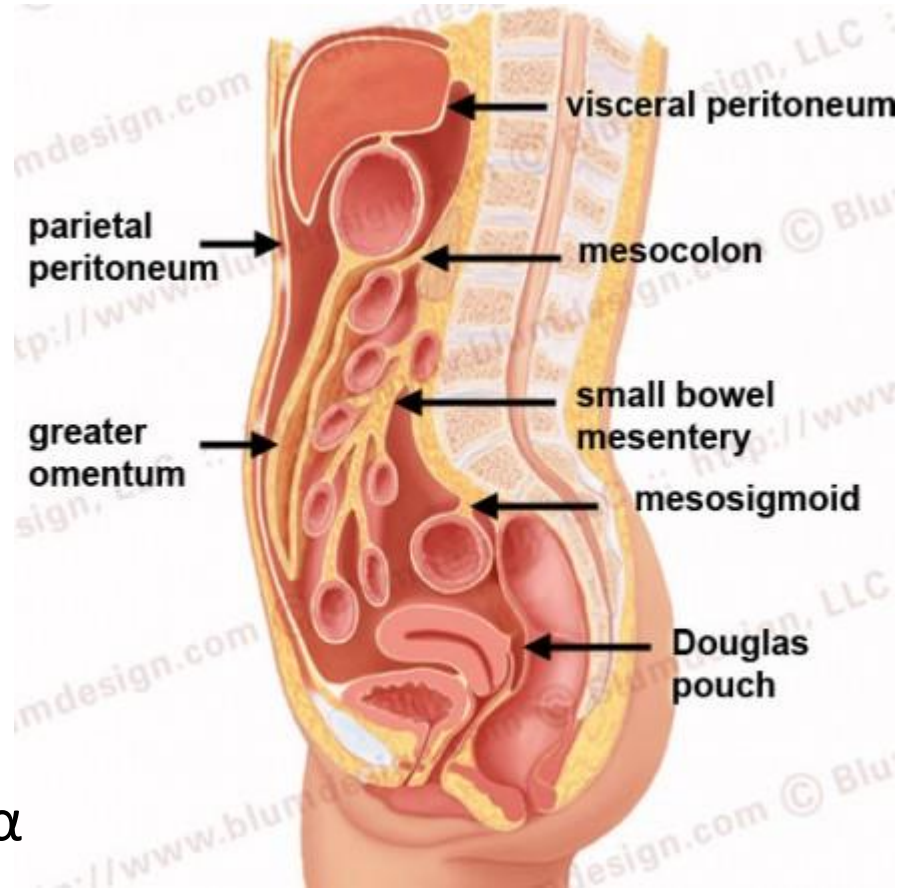
- CAPD ή APD
- Συχνότητα αλλαγών (CAPD 4 ή 3 αλλαγές ημερησίως /APD 4-7 κύκλοι το βράδυ)  
Χρόνος παραμονής
- Όγκος διαλύματος
- Είδος διαλύματος

# Περιτόναιο

- Τοιχωματικό (10%)
- Σπλαγχνικό (60%)-Μεσεντέριο (30%)

100-150ml/min αιματική ροή

- ✓ 0,6-0,8 συνολικής επιφάνειας σώματος
- ✓ 0,55 m<sup>2</sup> σε επαφή με το διάλυμα





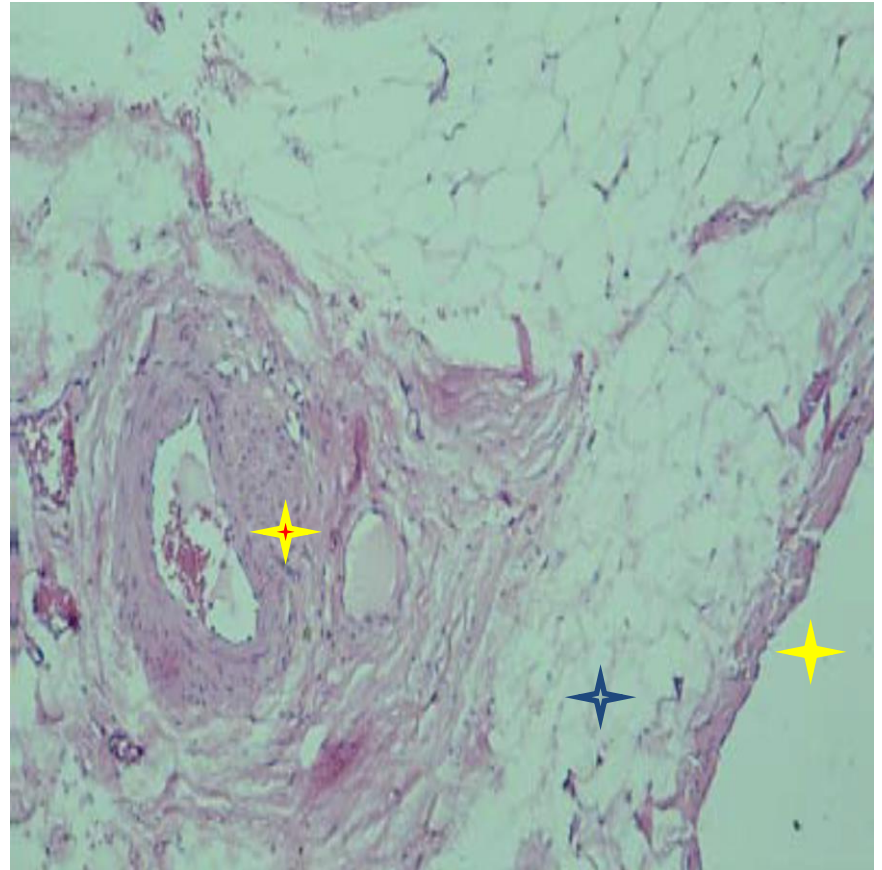
# Ανατομία περιτοναϊκής μεμβράνης

- Μεσοθηλιακά κύτταρα
- Διάμεσος ιστός

Ινοβλάστες,  
λιποκύτταρα,  
μακροφαγα

Matrix (κολλαγόνο-  
μουκοπολυσακχαρίδη)

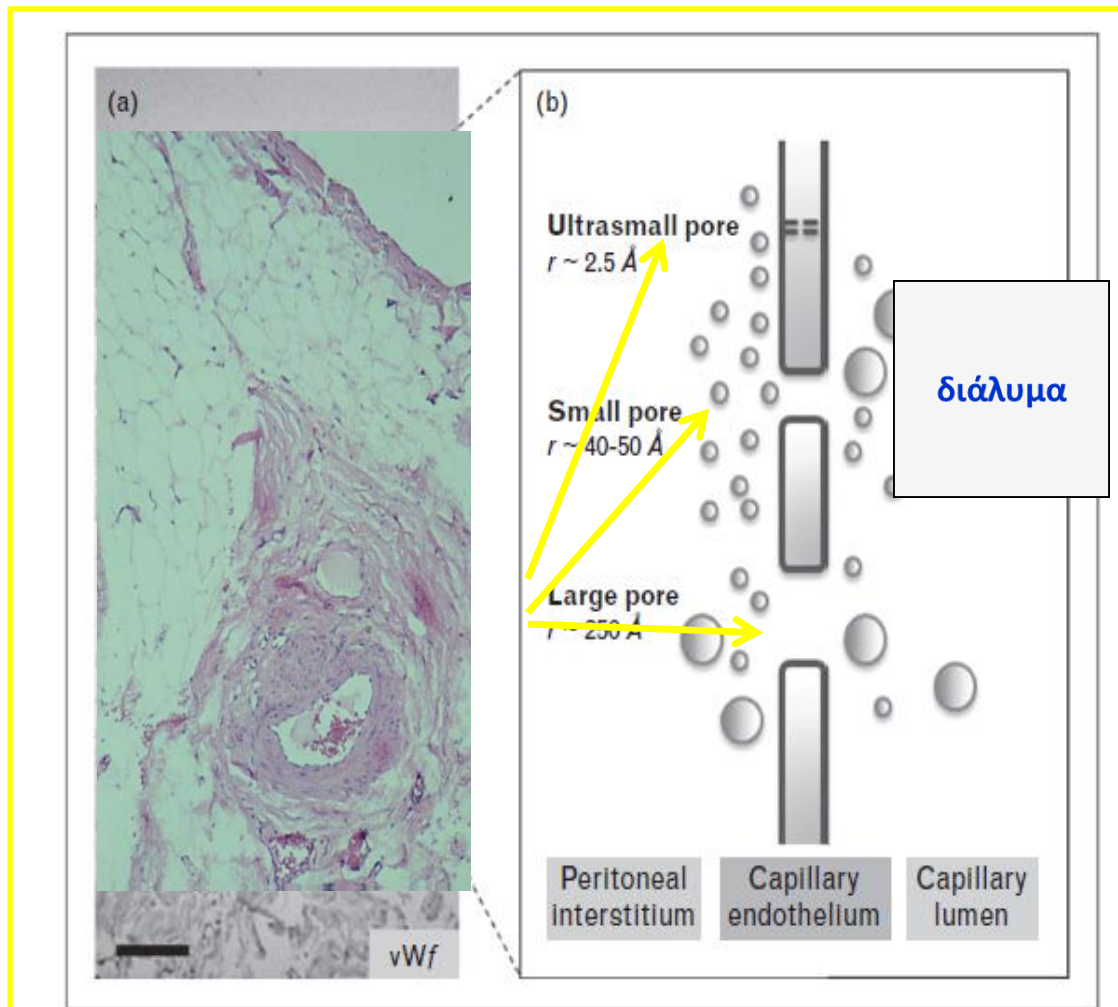
Αγγεία



Πάχος περιτοναίου 20μm-50mm

# Μοντέλο των «τριών πόρων» (TRM)

Περιτοναϊκή Μembrάνη=Ημιδιαπερατή-άμφω κίνηση

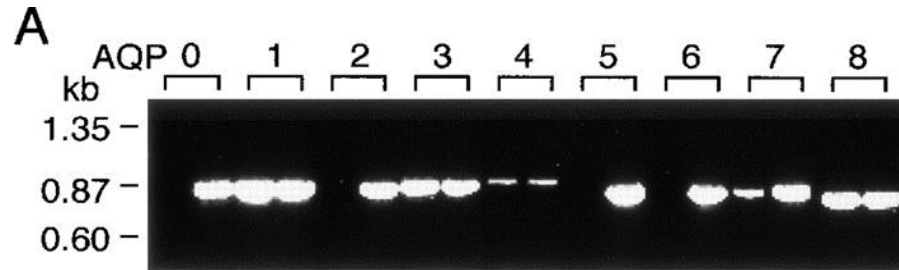


**Διακυτταρικοί** (1-2% επιφάνειας) με ακτίνα 0,3-0,5nm  
**νερό** (ακουαπορίνες AQP1)

**Μικροί** (95%) με ακτίνα 4-6nm - μικρού MB ουσίες/νερό

**Μεγάλοι** (3%) 20-30nm πρωτεΐνες και μακρομόρια

# Ακουαπορίνες στο περιτόναιο

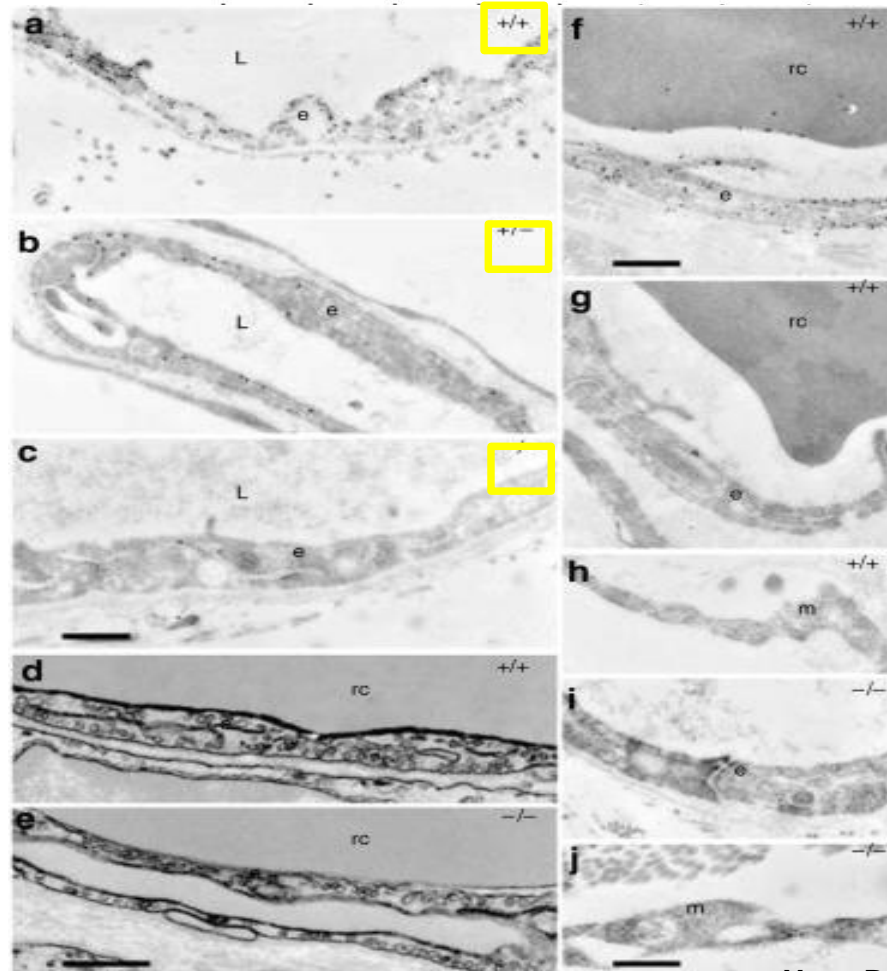


RT-PCR analysis of AQP transcript expression

**AQP1**

τριχοειδή

μεσοθηλιακά

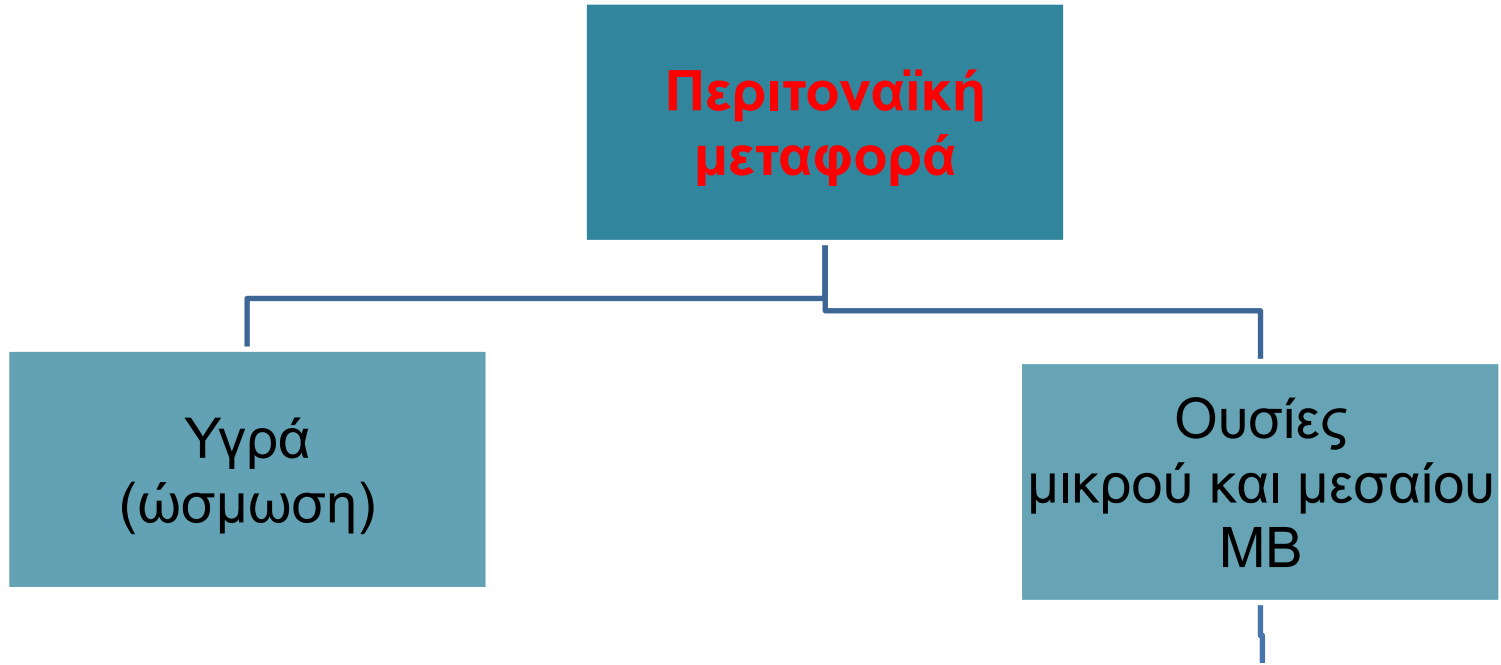


**AQP3**

# Περιτοναϊκή μεταφορά

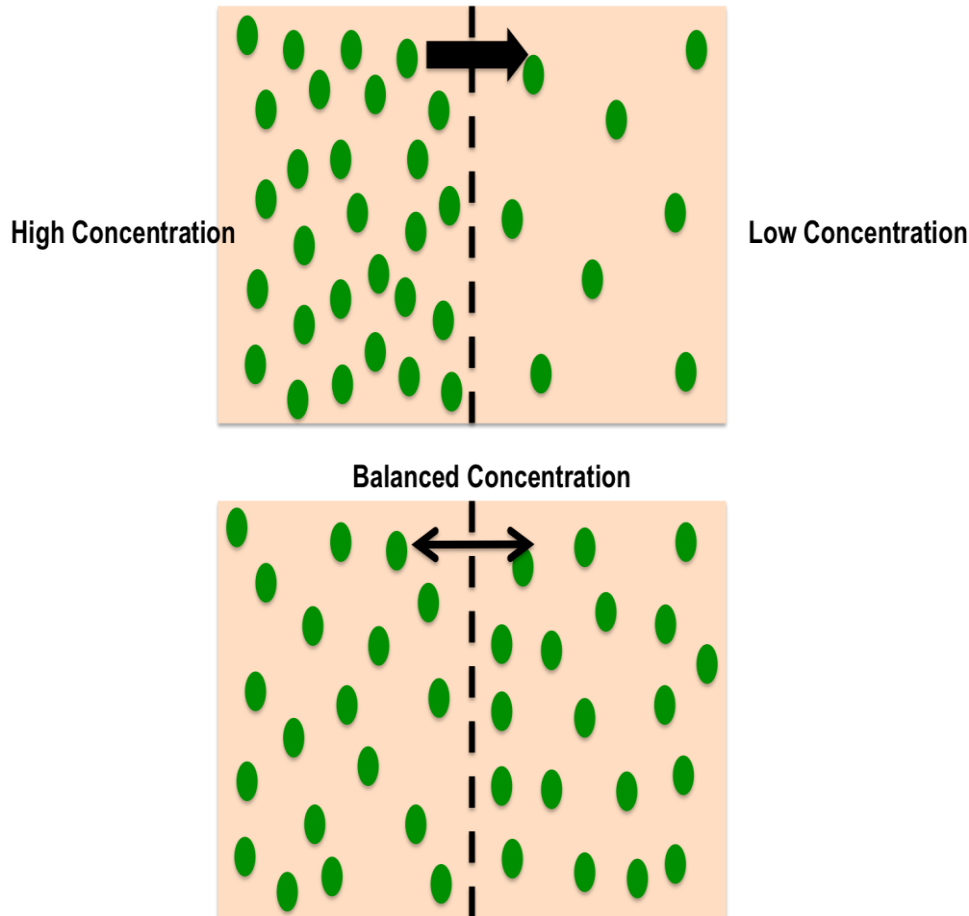
Υγρά  
(ώσμωση)

Ουσίες  
μικρού και μεσαίου  
ΜΒ



# A. διάχυση

η τάση των μορίων μιας ουσίας να μετακινούνται από περιοχές υψηλότερης συγκέντρωσης προς τις περιοχές μικρότερης συγκέντρωσης.



$$J_s = Df / \Delta x * A * \Delta C$$

(Νόμος Fick)

$J_s$  = ρυθμός μετακίνησης

$Df$  = συντελεστής διάχυσης

$\Delta x$  = απόσταση διάχυσης

$A$  = επιφάνεια

$\Delta C$  = διαφορά συγκεντρώσεων

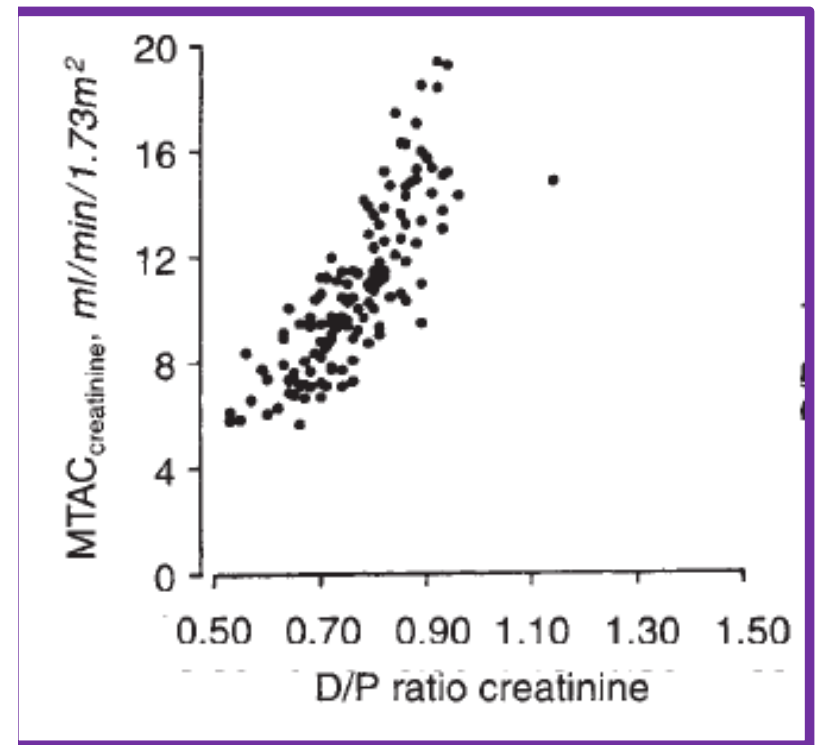
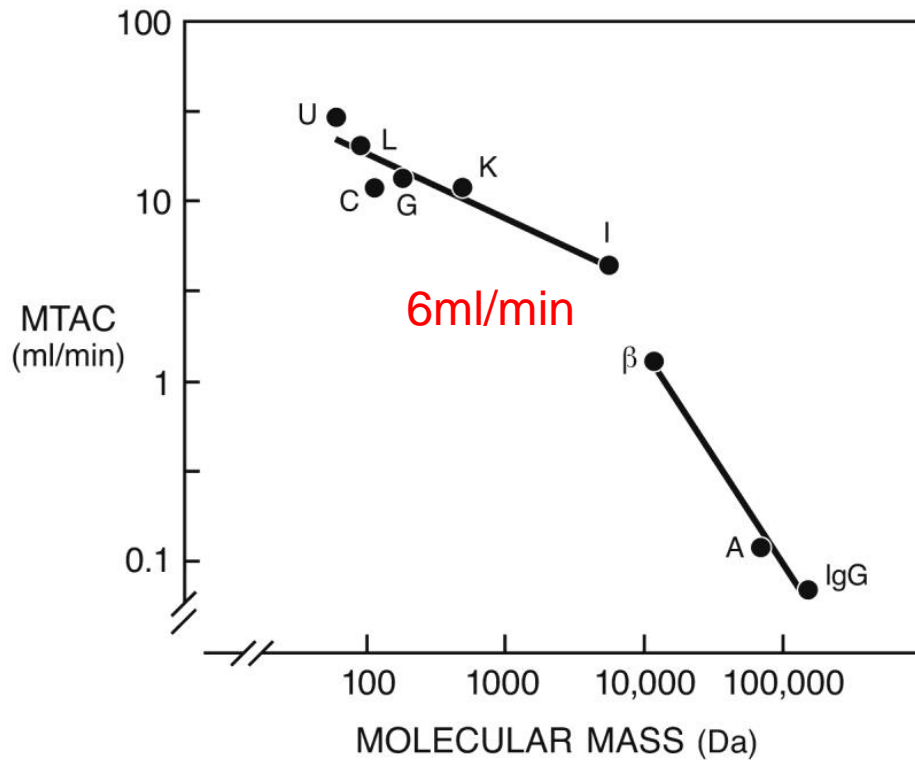
# Διάχυση ουσιών

- **D/P ratio** ( συγκέντρωση ουσίας στο διάλυμα/  
συγκέντρωση ουσίας στο πλάσμα )
- **MTAC** (Mass transfer area coefficient)  
μέγιστη θεωρητική κάθαρση μιας ουσίας με διάχυση στο  
χρόνο μηδέν της παραμονής διαλύματος, πριν την  
οποιαδήποτε μεταφορά της ουσίας

$$J_s = D_f / \Delta x * A * \Delta C$$

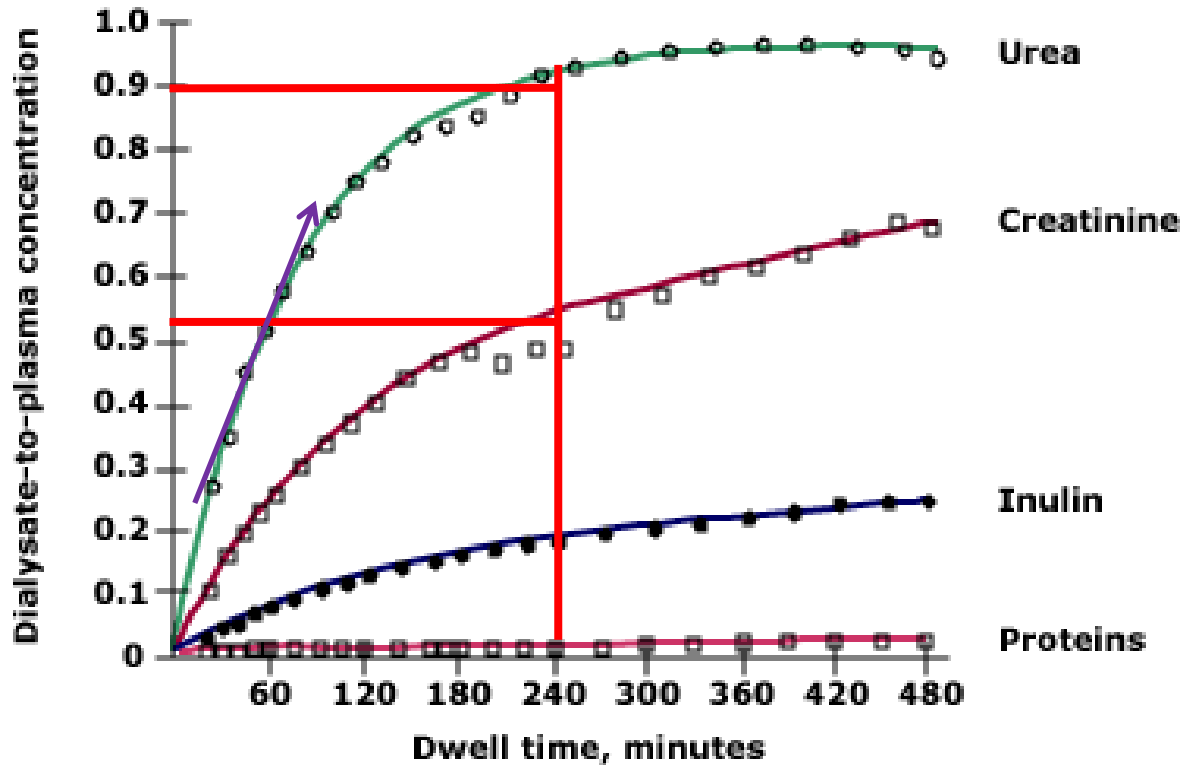
Εκφράζει την αγγειακή λειτουργική επιφάνεια της μεμβράνης

# MTAC και Μοριακό Βάρος



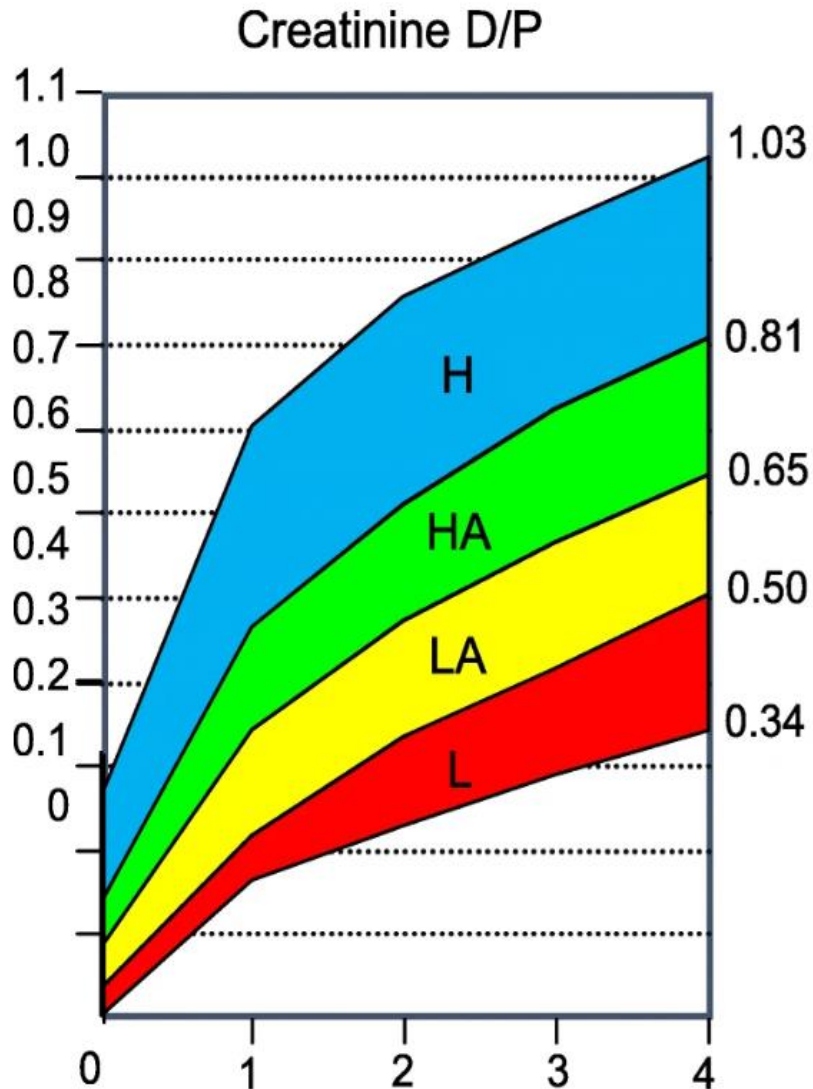
*Pannekeet M et al. Kidney Int 1995*  
*Meyer TW et al. JASN, 2023*

# D/P ratios (Dialysate/Plasma)





# Peritoneal Equilibration Test



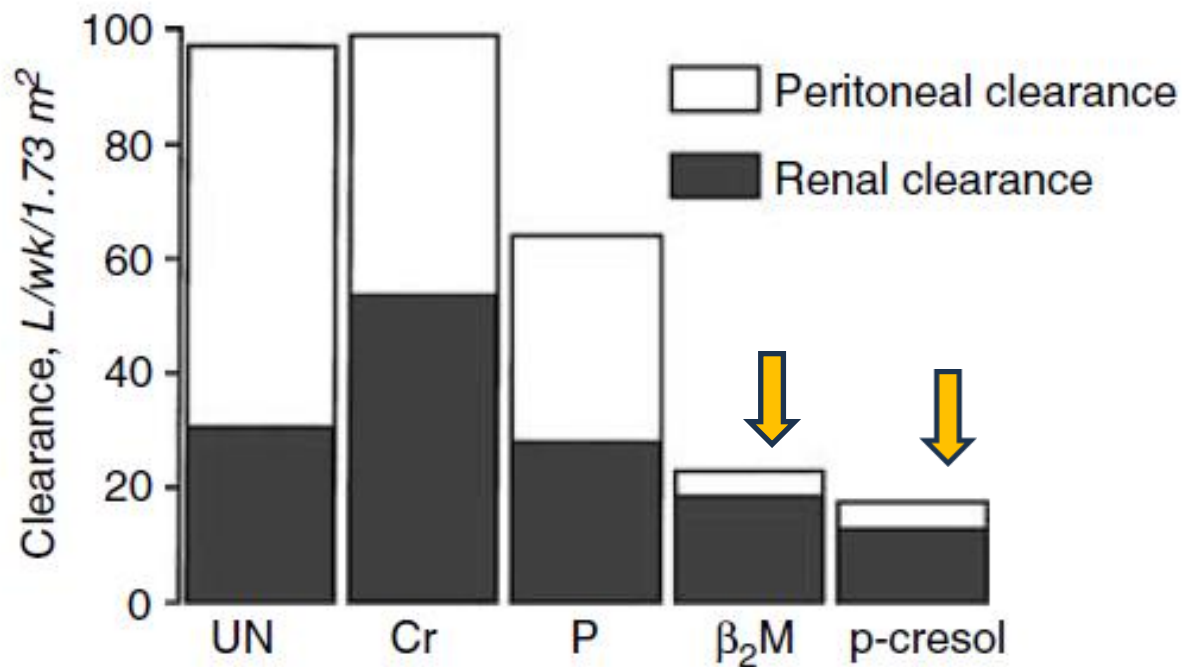
Ταχύτητα διάχυσης

Υψηλός (high) = ταχύς μεταφορέας (fast)

Χαμηλός (low) = αργός μεταφορέας (slow)

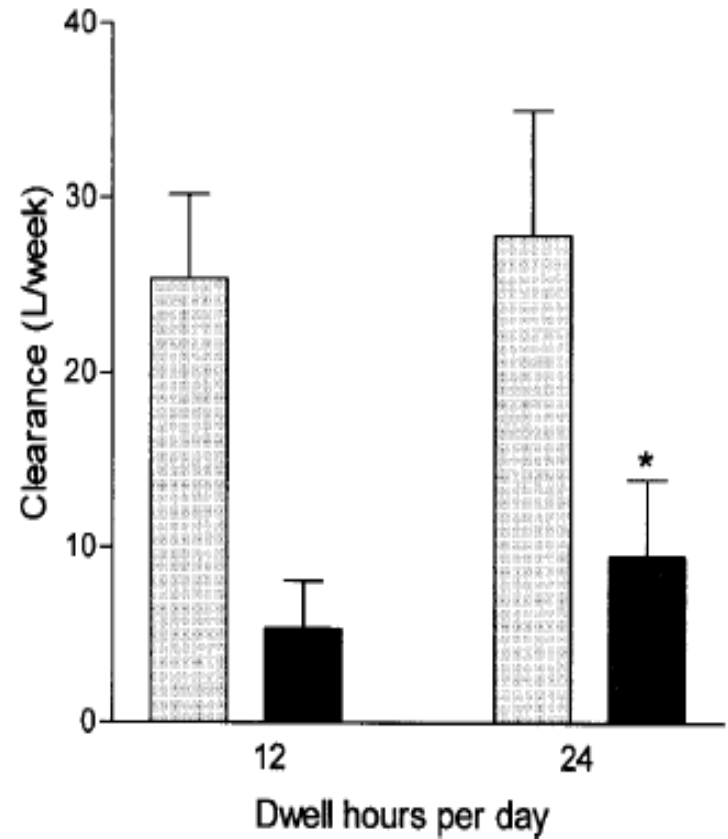
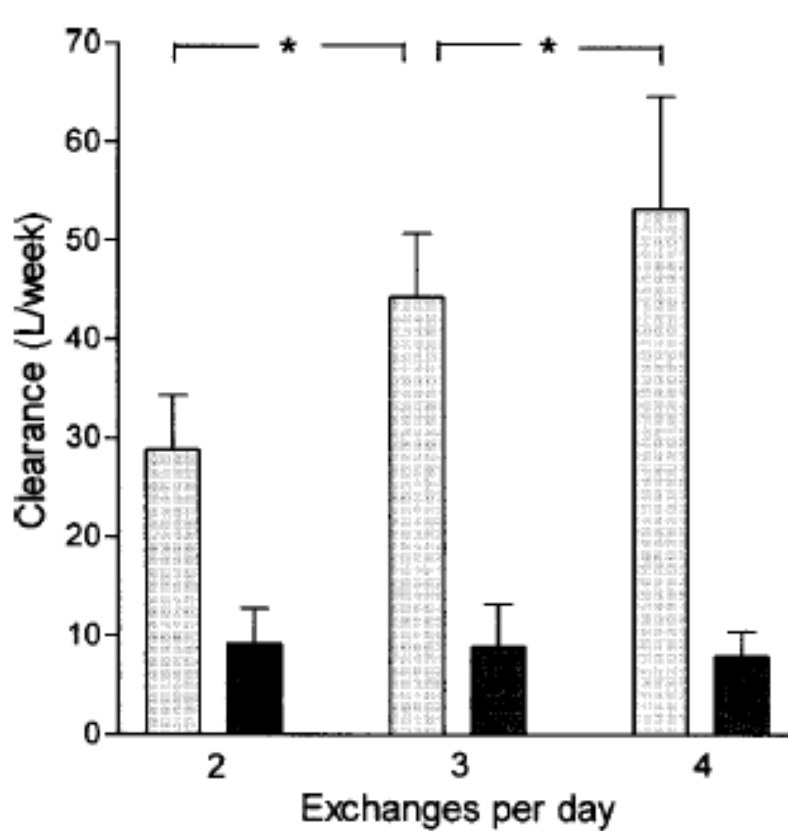
## Removal of middle molecules and protein-bound solutes by peritoneal dialysis and relation with uremic symptoms

BERT BAMMENS, PIETER EVENEPOEL, KRISTIN VERBEKE, and YVES VANRENTERGHEM



60 D, 113 D, 96 D, 1.8 kD, 108 D

# Κάθαρση κρεατινίνης vs $\beta 2$ μικροσφαιρίνης

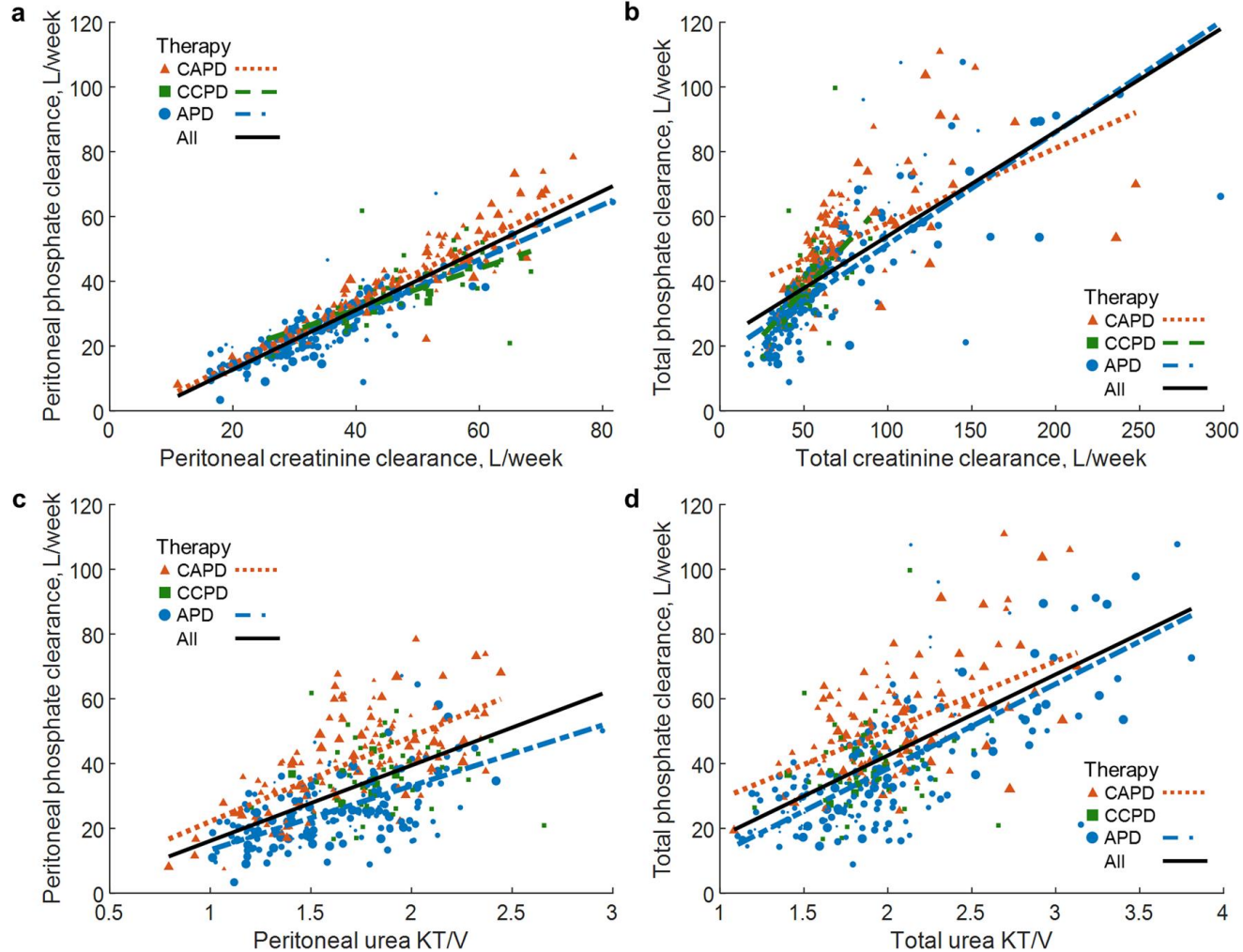


$\beta 2$ mg ■  
Cre □

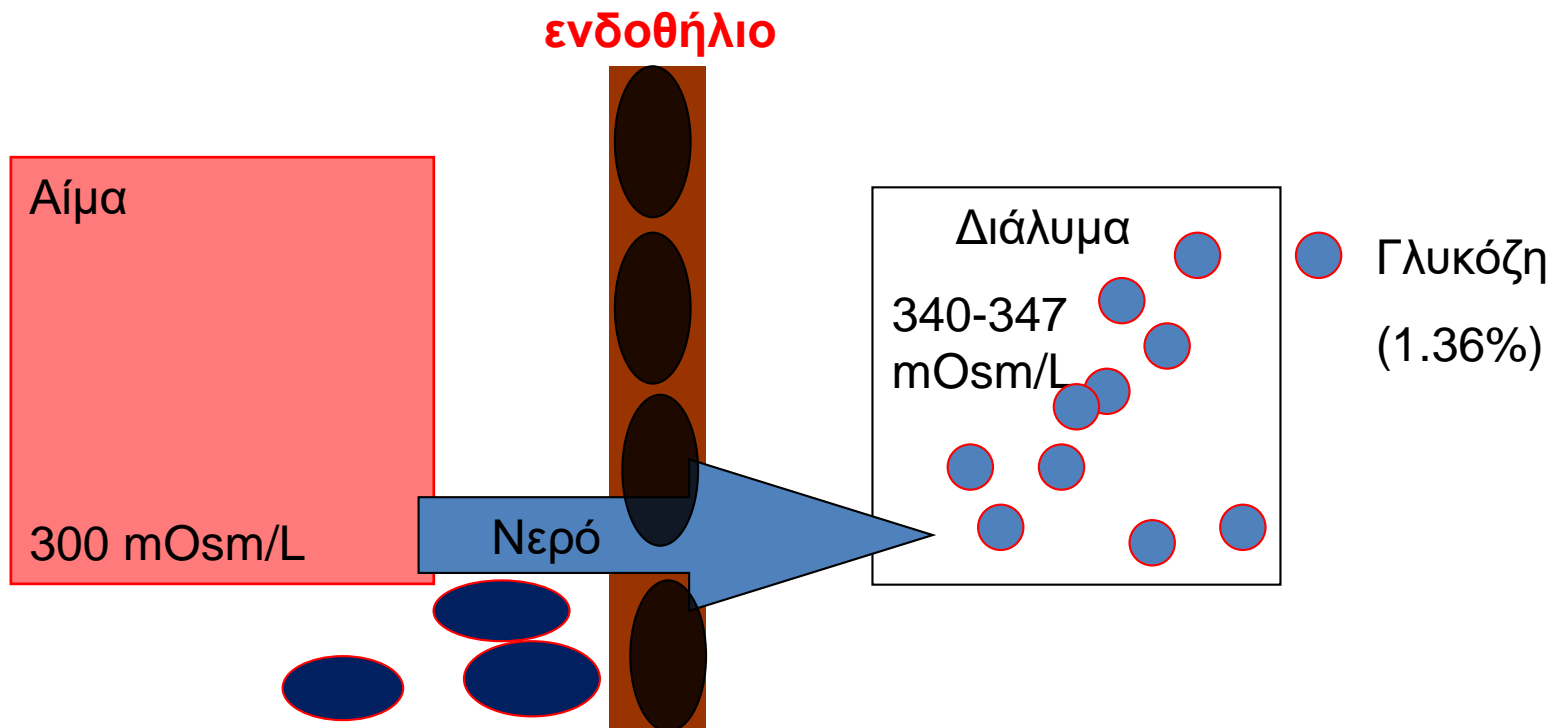
# Phosphate clearance in peritoneal dialysis

Malgorzata Debowska<sup>1,✉</sup>, Rafael Gomez<sup>2</sup>, Joyce Pinto<sup>1</sup>, Jacek Waniewski<sup>1</sup> & Bengt Lindholm<sup>3</sup>

Scientific Reports 2020



## Β. Συμμεταφορά (convection-solvent drug)



Συμμεταφορά ύδατος και ουσίας

(Από τη χαμηλή ωσμωτικότητα στη μεγαλύτερη)

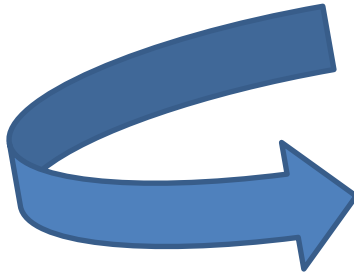
## B. Συμμεταφορά

$$J_s = J_v * C * S$$

$J_v$ =ροή ύδατος

$C$ =μέση συγκέντρωση ουσίας ( $P+D/2$ )

$S$ =συντελεστής υπερδιήθησης (**Sieving coefficient**)



πόσο εύκολο είναι για μια ουσία να μεταφερθεί δια μέσω ημιδιαπερατής μεμβράνης

$S=1$ , η ουσία συµμεταφέρεται χωρίς εµπόδιο

$S=0$ , η ουσία δεν περνά τη µεµβράνη

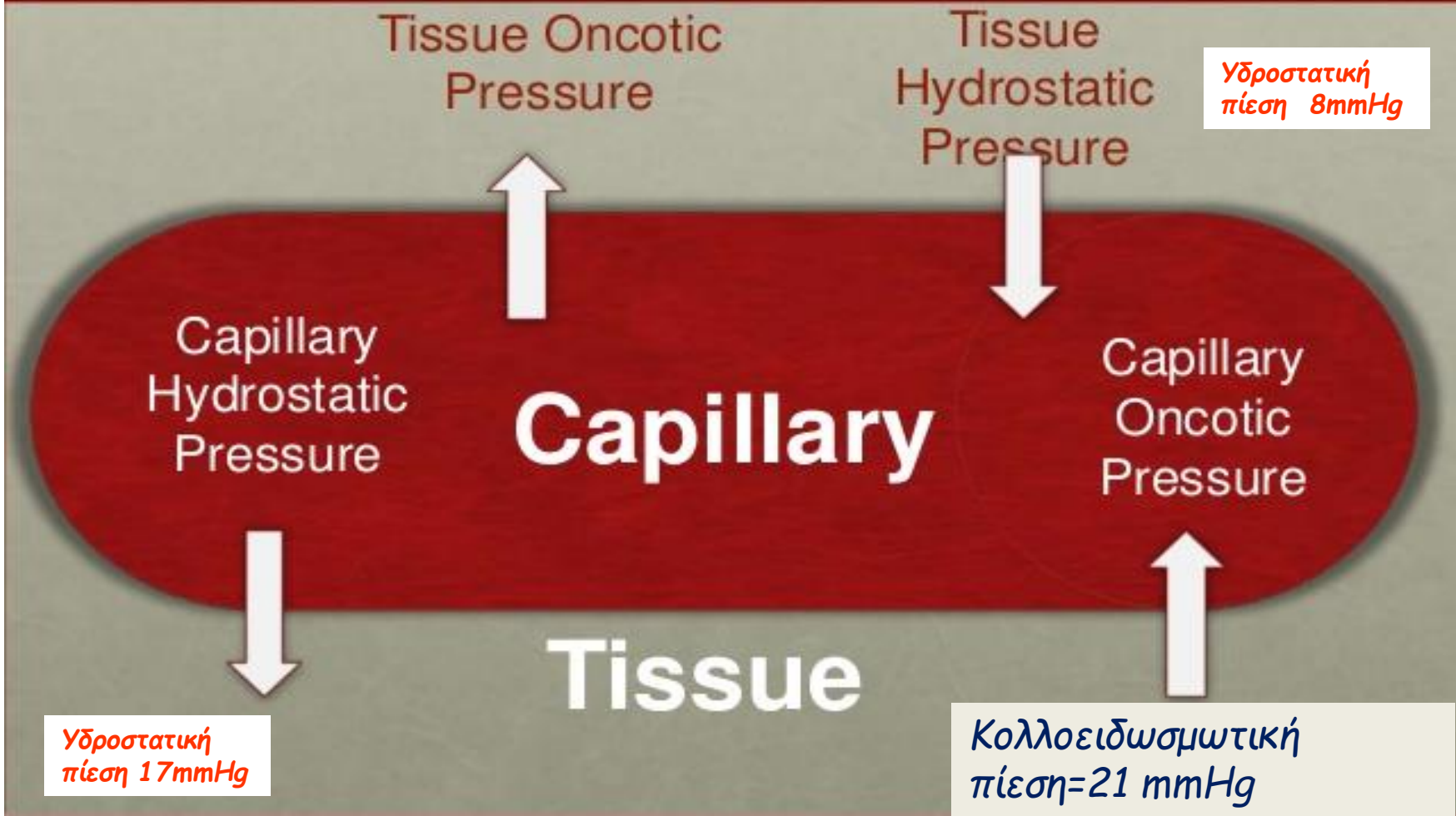
## Περιτοναϊκή μεταφορά

Υγρά  
(ώσμωση)

Ουσίες  
μικρού και  
μεγάλου ΜΒ



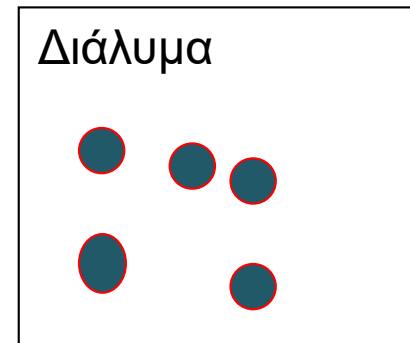
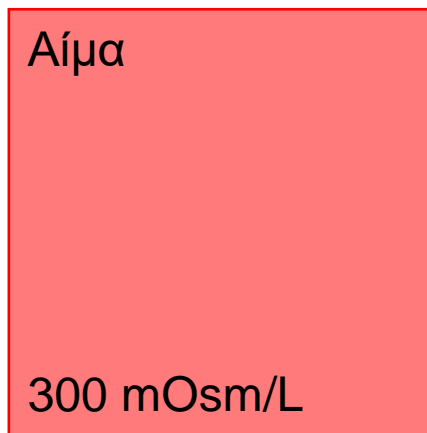
# Starling Forces





# Συντελεστής ανάκλασης $\sigma$ (Reflection coefficient)

(αντίσταση της ΠΜ στη μεταφορά ουσίας)



$\sigma=1$

$\sigma=0$

$\sigma=0$  καμία αντίσταση στη μεταφορά  
 $\sigma=1$  μη διαπερατή μεμβράνη  
Γλυκόζη  $\sigma=0,03$

$$\text{Υπερδιήθημα} = L_p S * (\Delta P - \Delta \Pi + \sigma \Delta C)$$

$L_p S$  = υδραυλική διαπερατότητα \* επιφάνεια μεμβράνης  
(0,04-0,08 ml/min/mmHg)

$\Delta$  = διαφορά πιέσεων

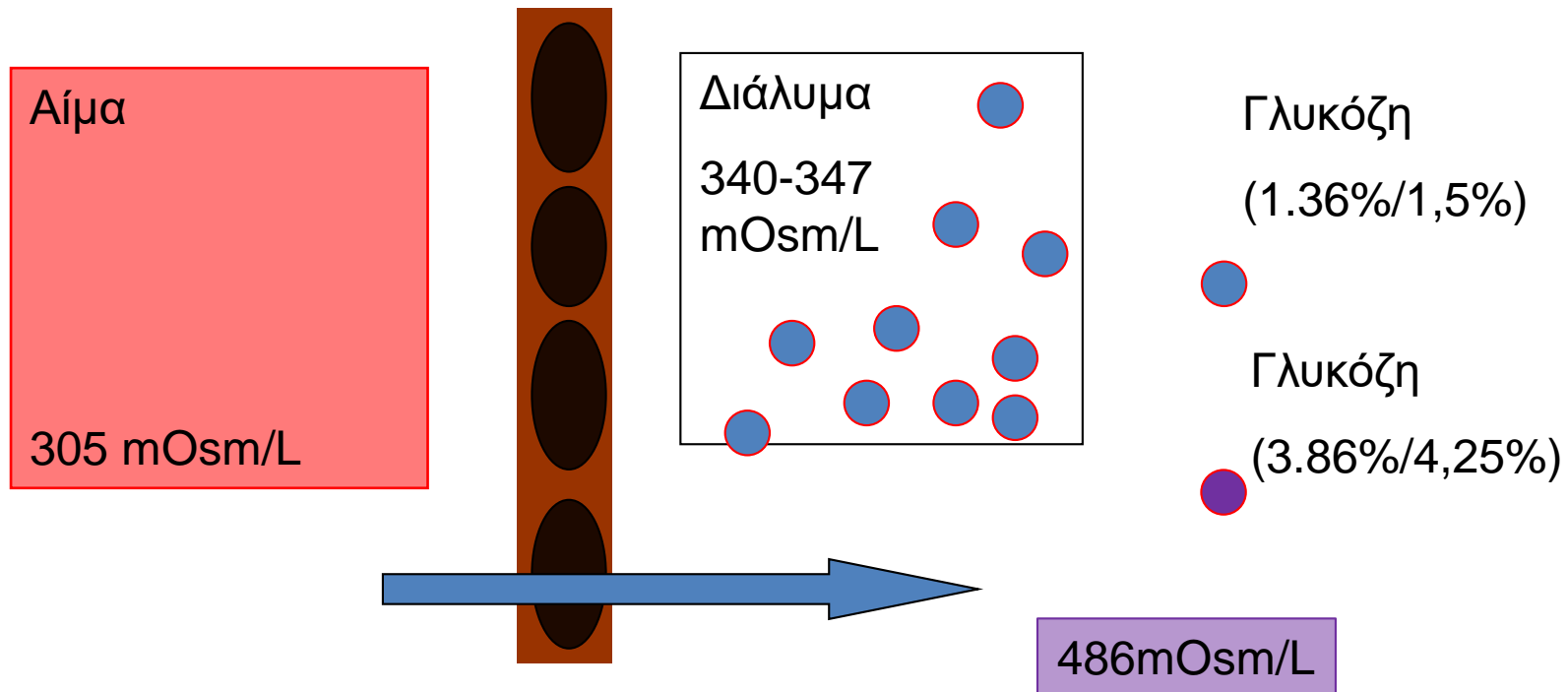
$P$  = υδροστατική

$\Pi$  = κολλοειδοσμωτική (πρωτείνες)

$C$  = κρυσταλλοειδική πίεση (γλυκόζη)

$\sigma$  = συντελεστής ανάκλασης

# Κρυσταλλοειδική πίεση

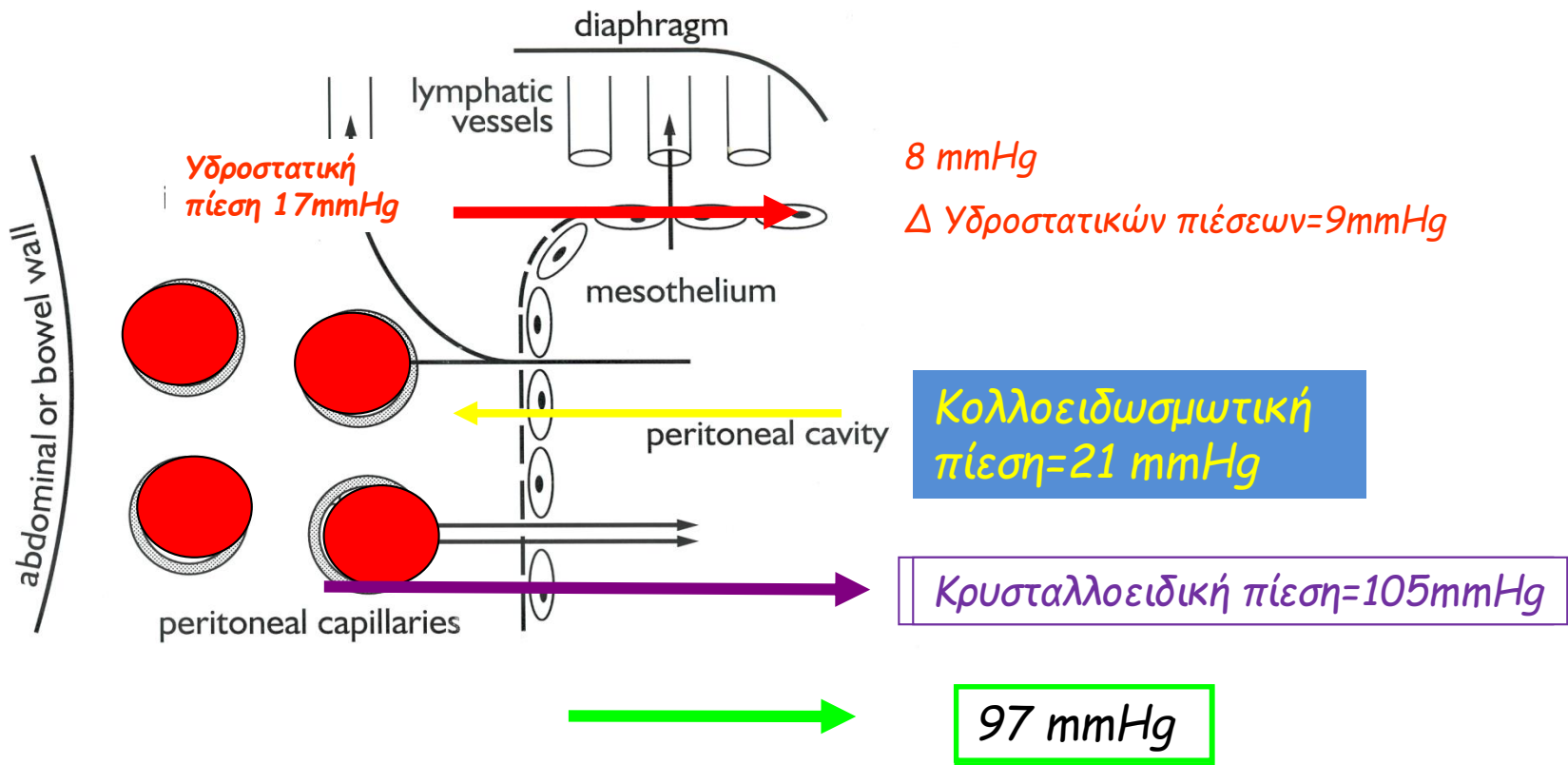


*Ένα mosmol/kg H<sub>2</sub>O προκαλεί ωσμωτική πίεση 19.3 mmHg όταν  $\sigma=1$ .*

$$(347-305) \cdot 19,3 \cdot 0,03 = 24 \text{ mmHg}$$

$$(486-305) \cdot 19,3 \cdot 0,03 = 105 \text{ mmHg}$$

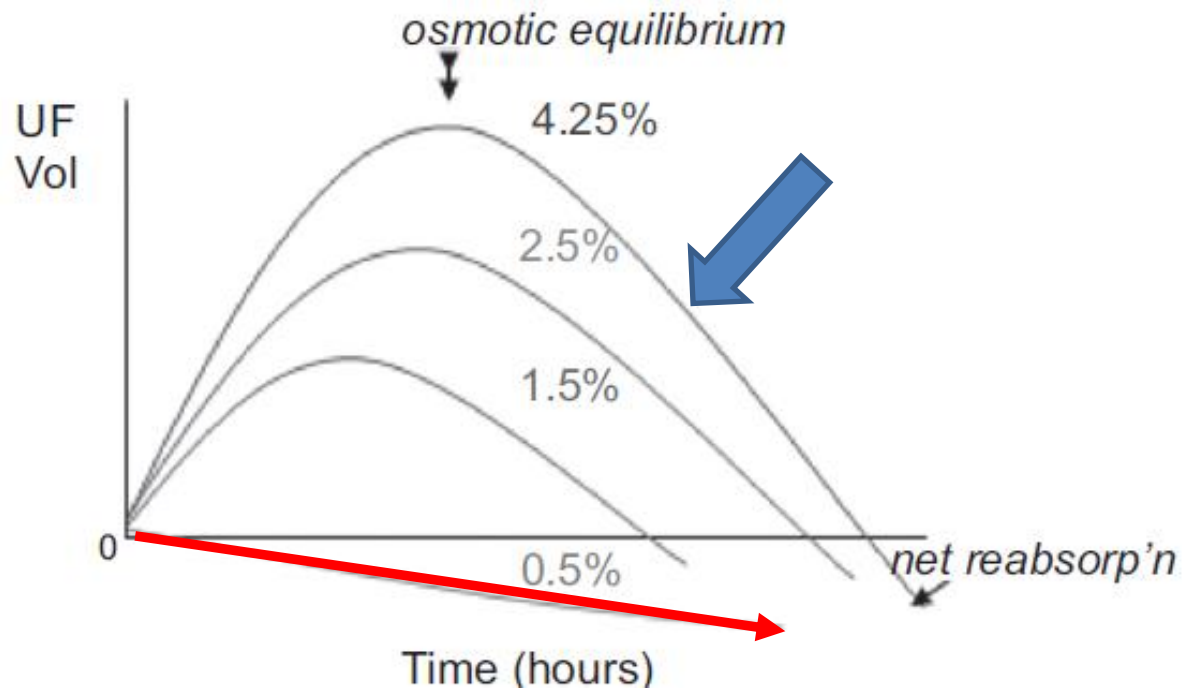
# Διατριχοειδικό υπερδιήθημα (διάλυμα γλυκόζης)



# Απορρόφηση

- Λεμφαγγειακή (10%) και ιστική (διαφορά ωσμωτικών πιέσεων)
- Άμεση μέτρηση αδύνατη
- Ενδοπεριτοναϊκή χορήγηση ουσίας μεγάλου ΜΒ
- Ρυθμός απομάκρυνσης από την περιτοναϊκή κοιλότητα
- Ρυθμός εμφάνισης ουσίας στο πλάσμα
- Αλβουμίνη, δεξτράνη, ραδιο-σεσημασμένη αλβουμίνη ...
- **0.4-1.2 ml/min**

# Υπερδιήθημα και χρόνος παραμονής

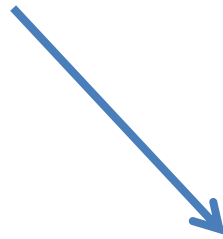


απορρόφηση

# Ωσμωτική αγωγιμότητα (OSG)

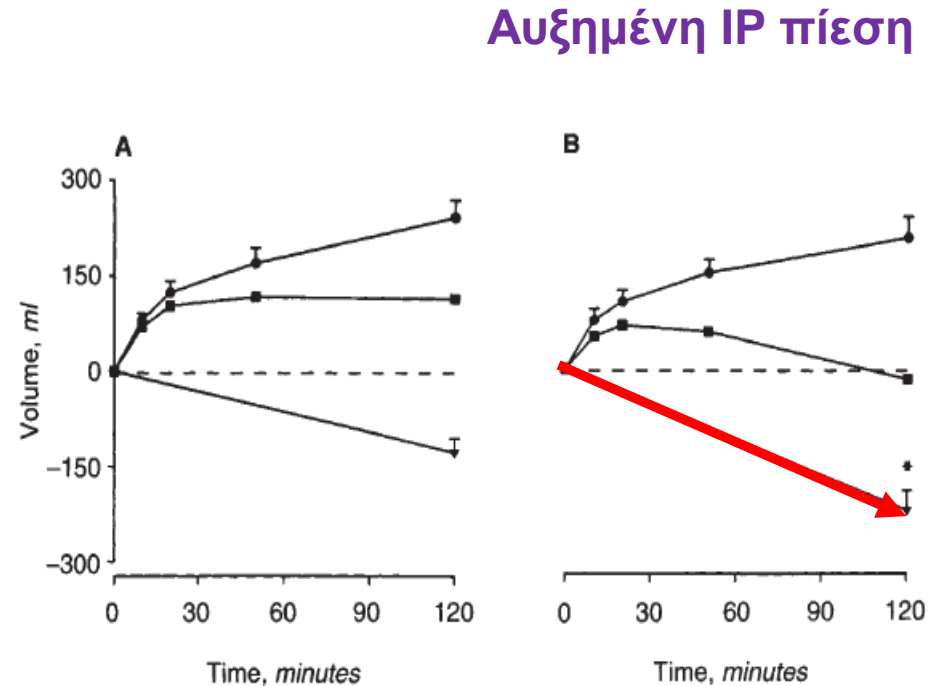
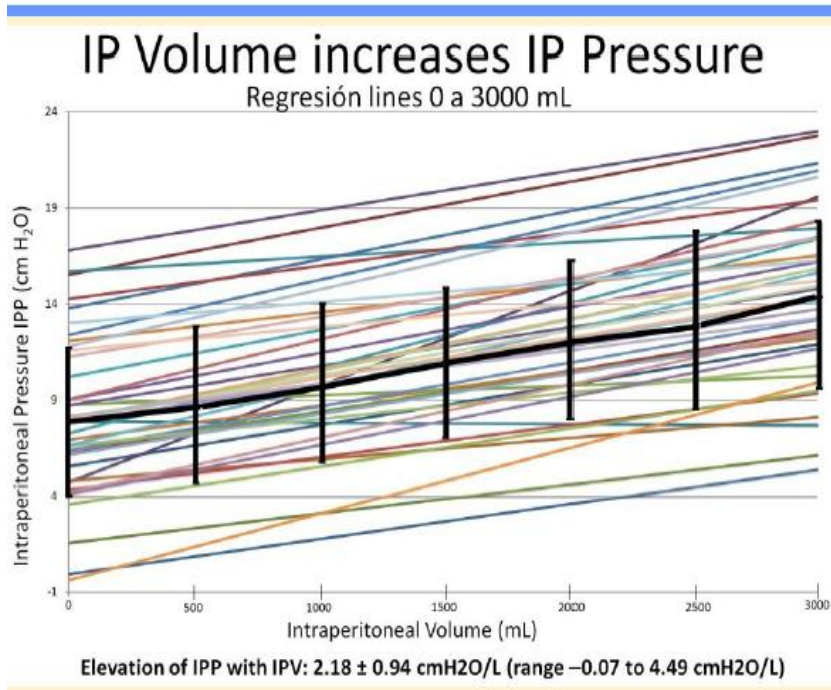
Η ικανότητα της γλυκόζης να ασκεί ωσμωτική πίεση ικανή για υπερδιήθημα

$$OCG = L_p S \cdot \sigma \text{ (}\mu\text{l/min/mmHg)}$$



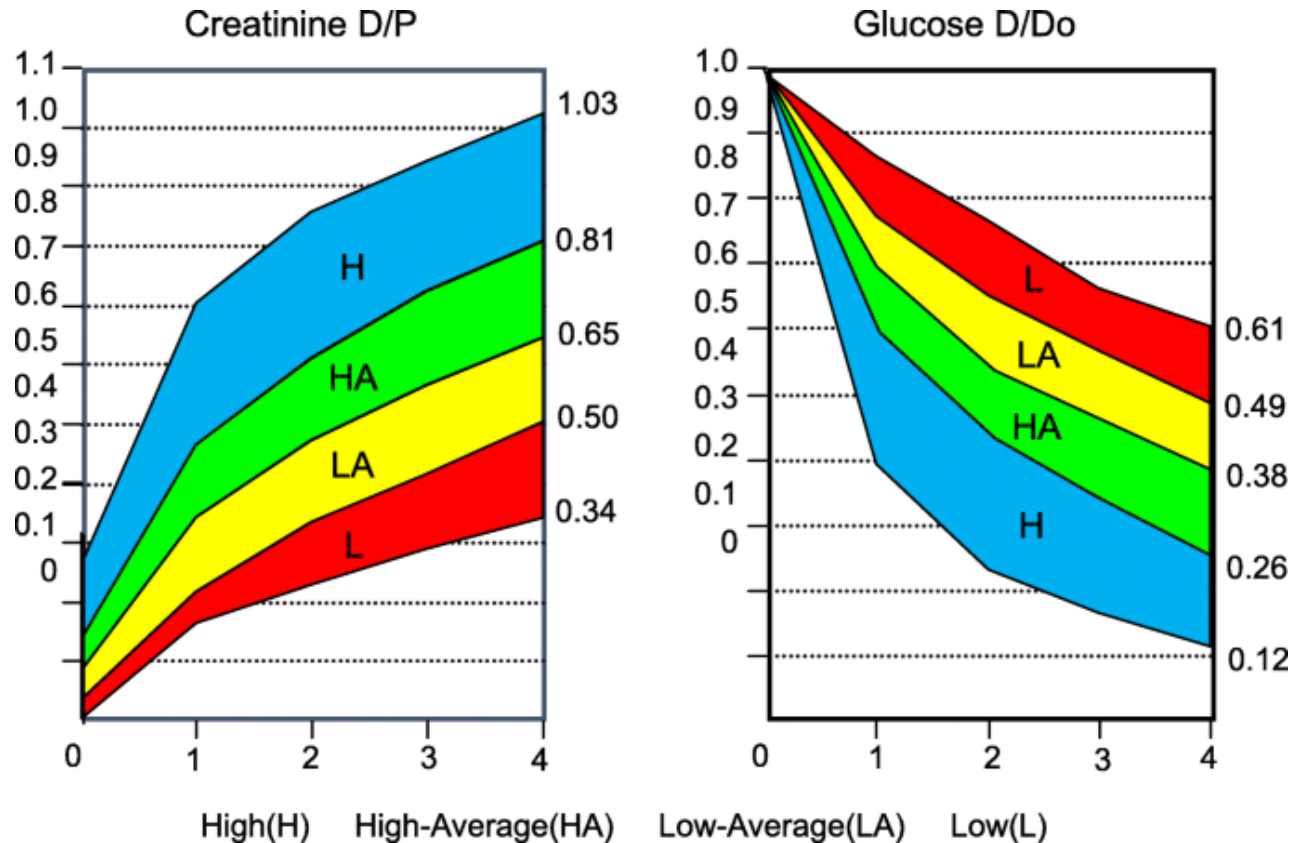
1. Υδραυλική διαπερατότητα μεμβράνης
2. Αγγειακή επιφάνεια
3. Συντελεστής ανάκλασης

# Ενδοπεριτοναϊκή πίεση και όγκος διαλύματος



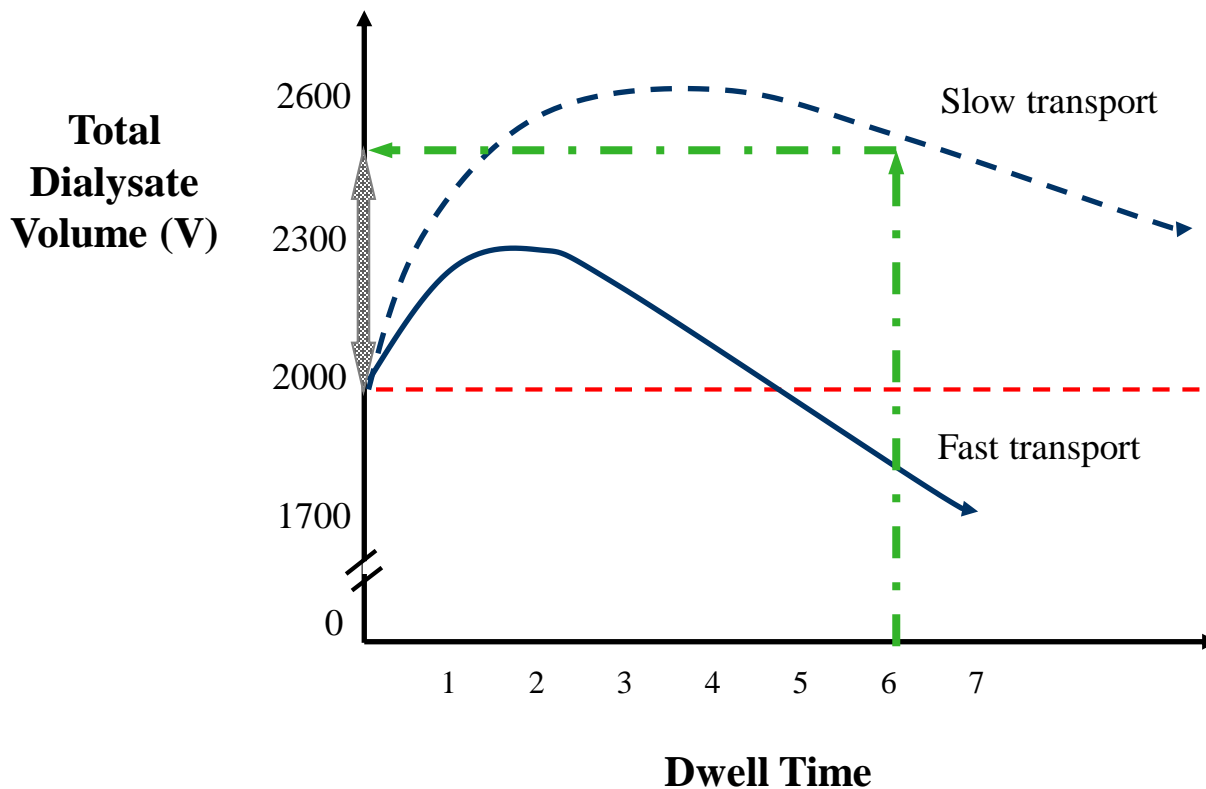


# Τύποι Περιτοναϊκής μεμβράνης

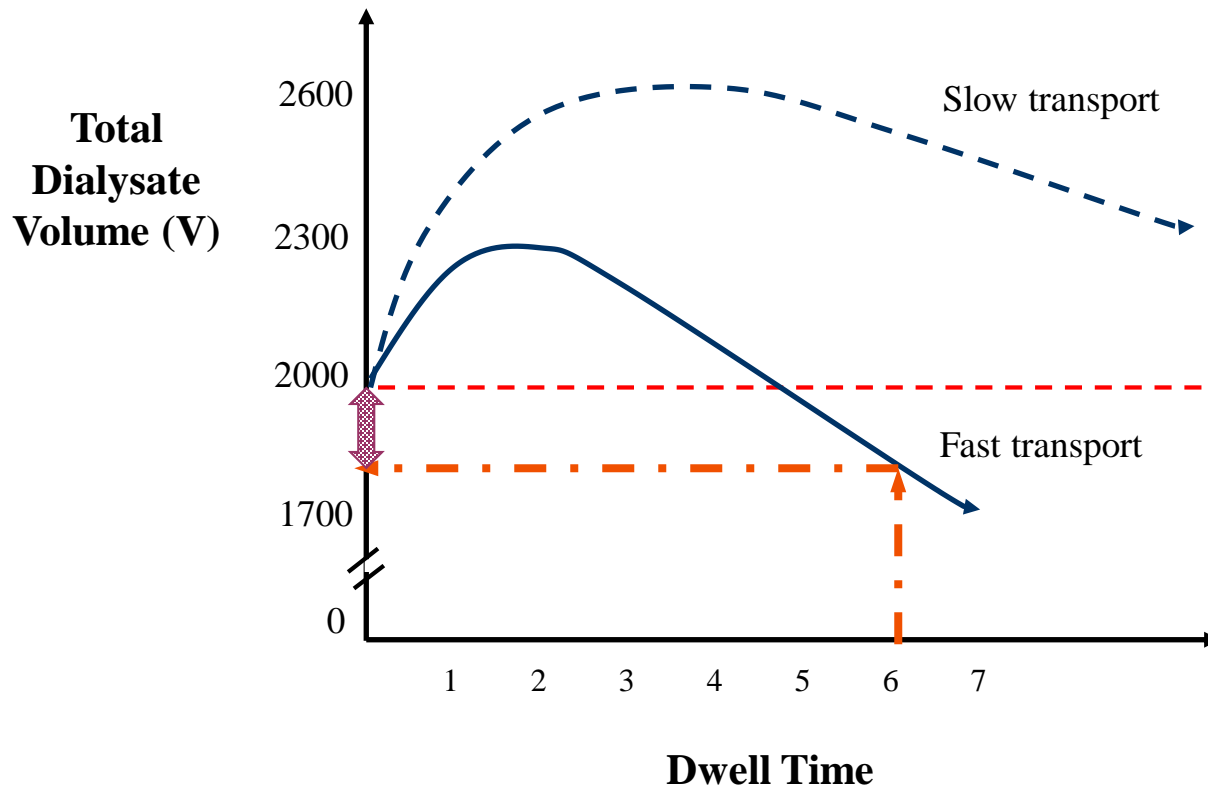


- **Fast (high):** μεγάλη επιφάνεια, γρήγορη εξισορρόπηση συγκεντρώσεων, κακό υπερδιήθημα
- **Slow (low)**

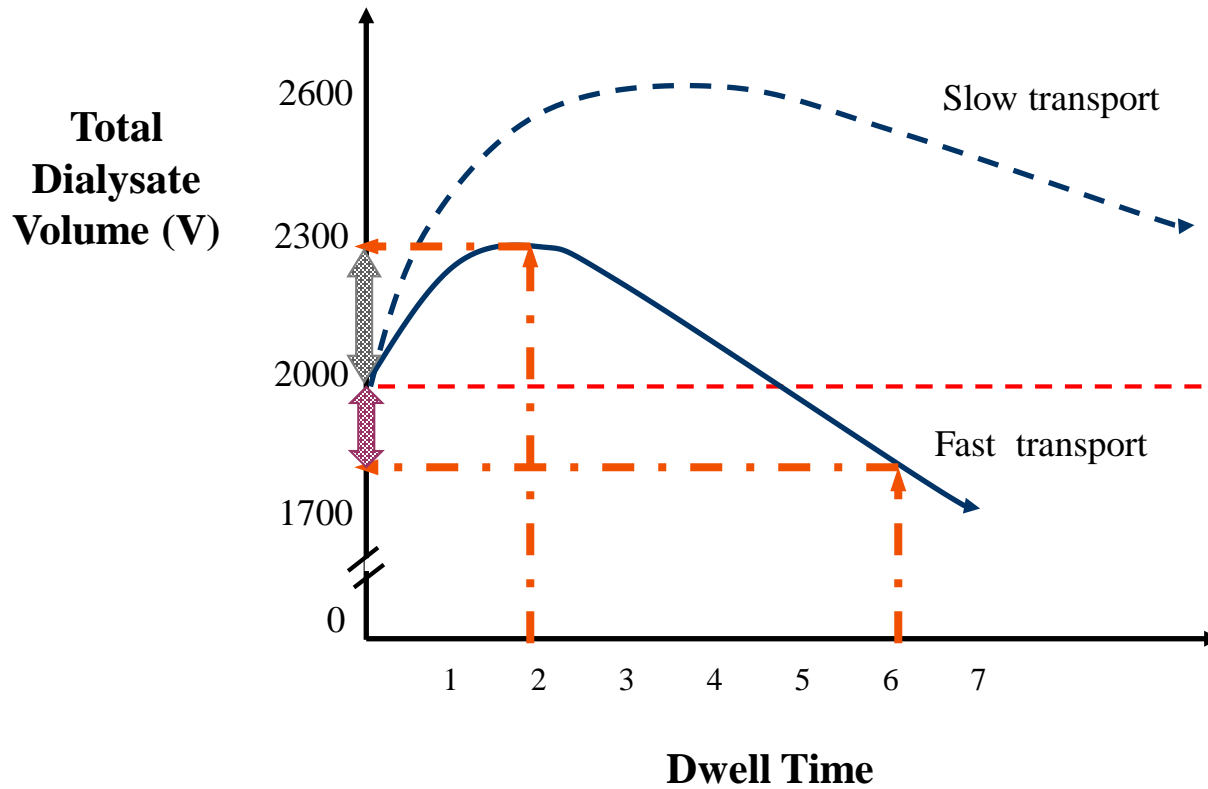
# Επίδραση των χαρακτηριστικών του περιτοναίου στην παρεχόμενη υπερδιήθηση



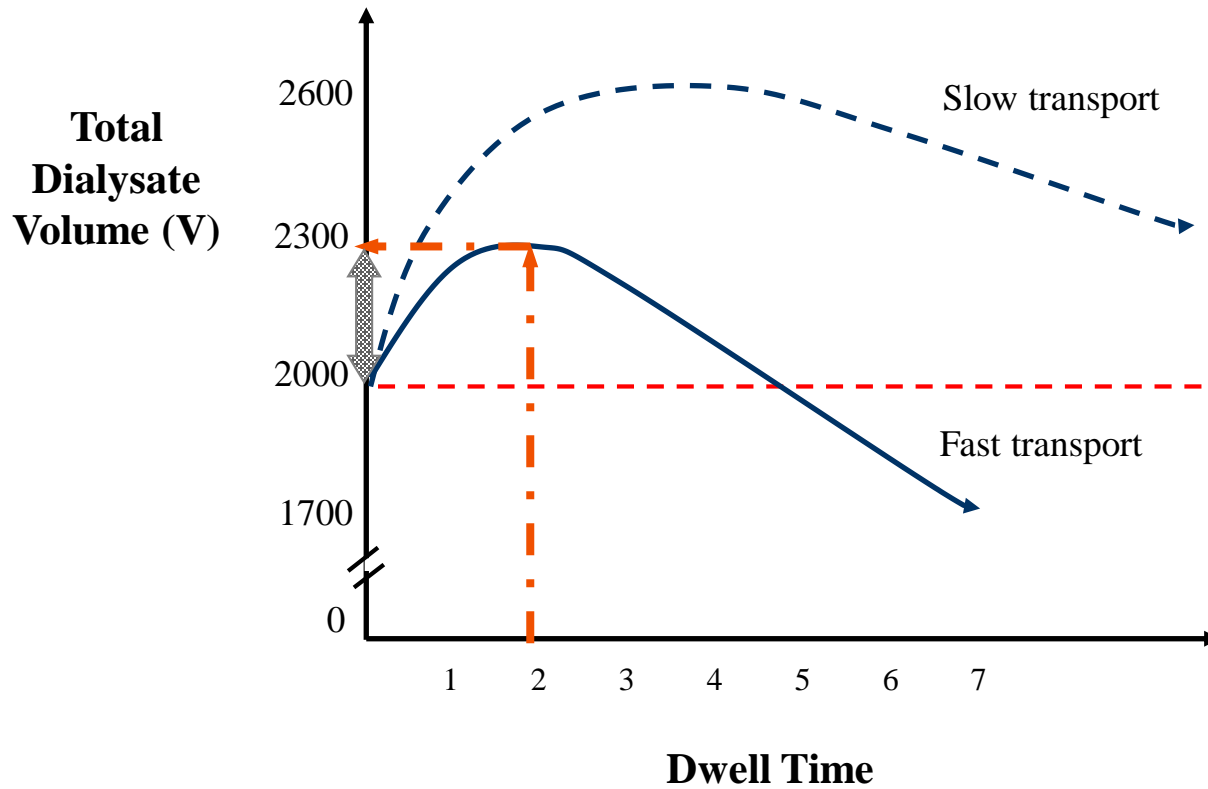
# Επίδραση των χαρακτηριστικών του περιτοναίου στο υπερδιήθημα



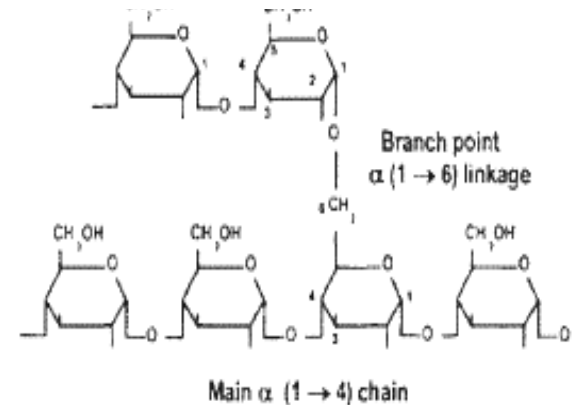
# Βελτίωση του υπερδιηθήματος σε “ταχείς μεταφορείς”



# APD για τον ταχύ μεταφορά

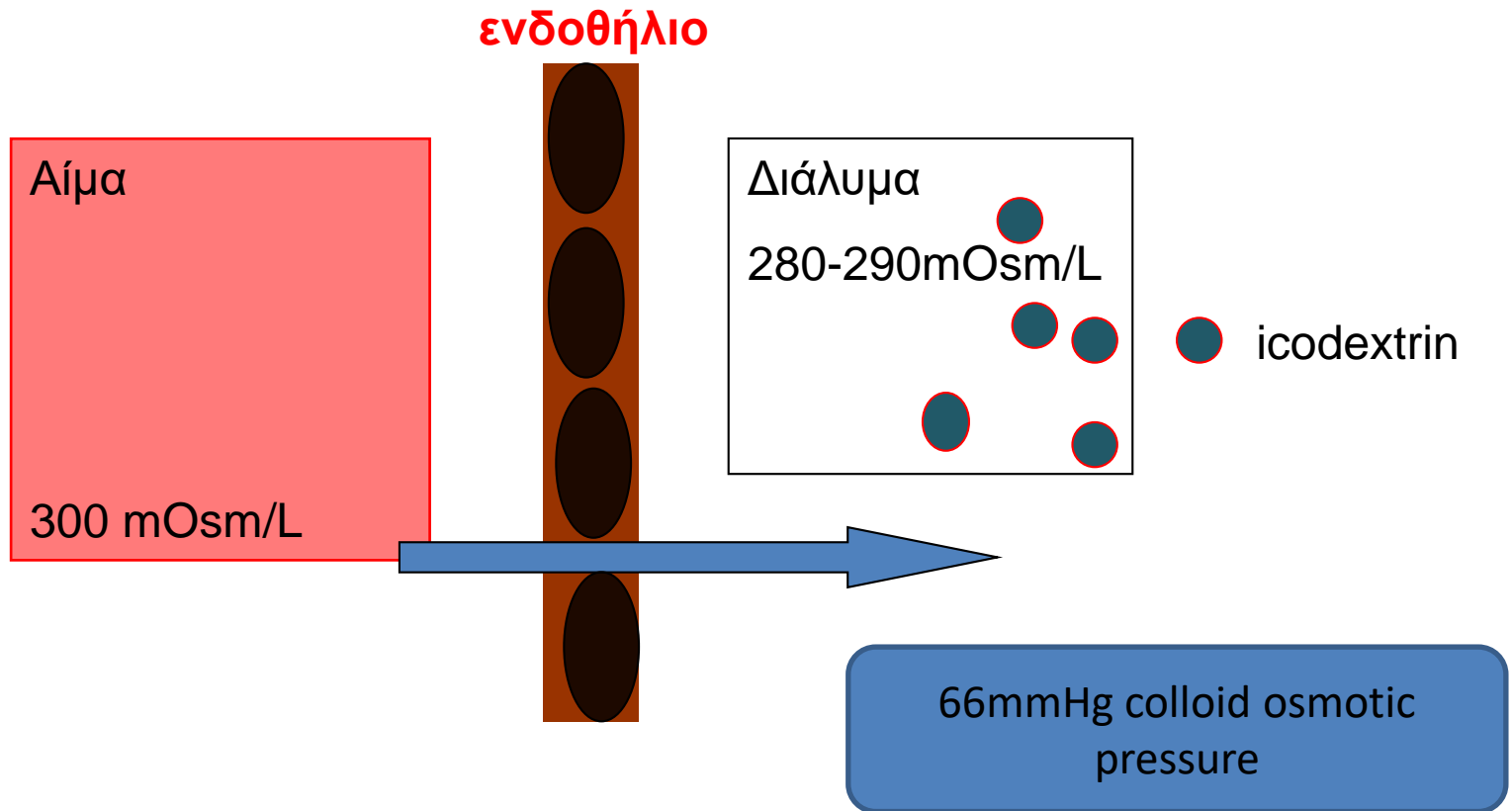


# Διάλυμα Icodextrin

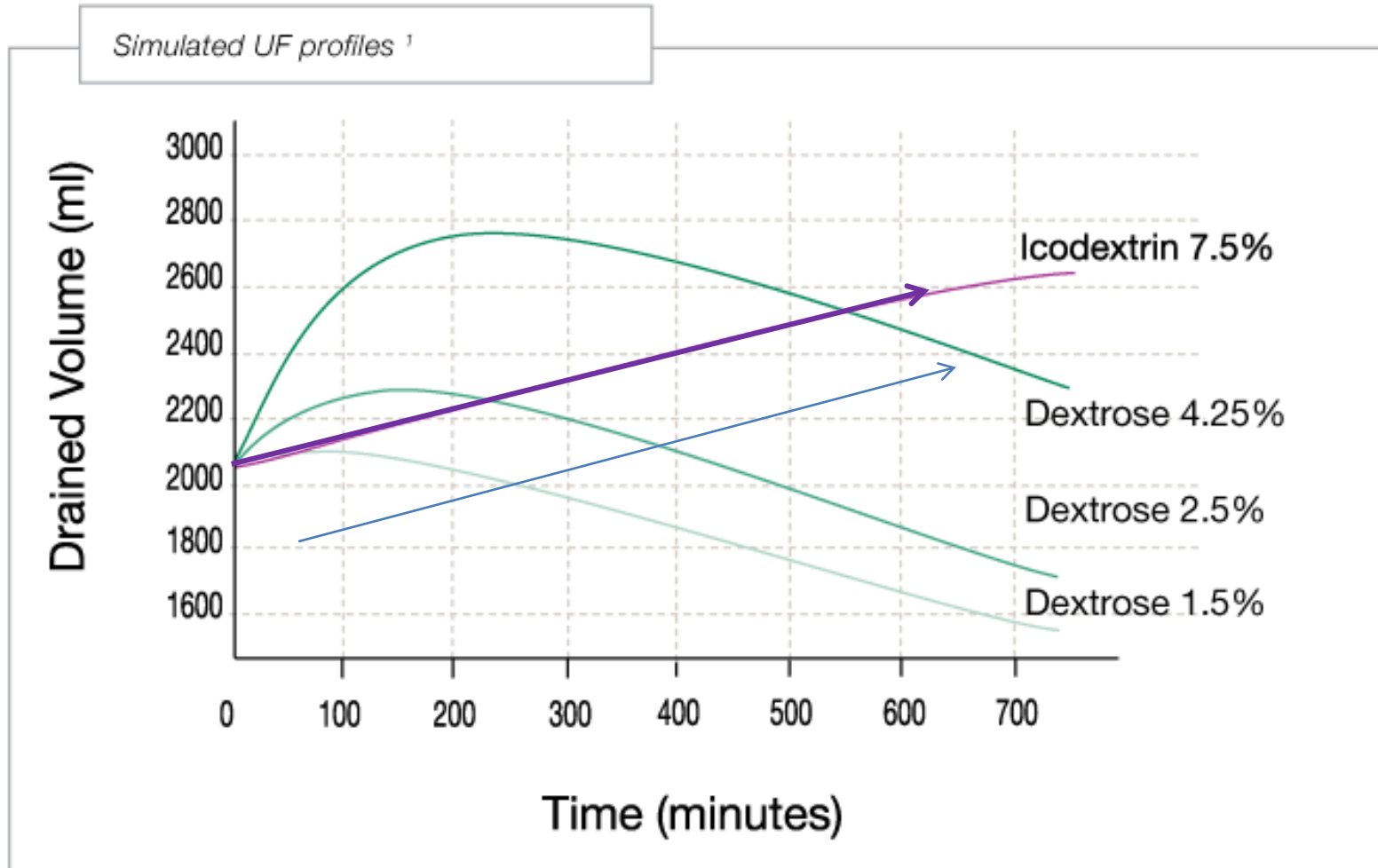


- Υδατοδιαλυτό πολυμερές γλυκόζης
- MB 13,000 και 19,000 Daltons
- Απορροφάται από λεμφαγγεία
- 40% (60γρ) απορρόφηση σε 12ωρη παραμονή
- Μεταβολίζεται από την αμυλάση σε μαλτόζη και σε μεταβολίτες της

# Κολλοειδωσμητική πίεση



# Μεταφορά νερού - διαλύματα

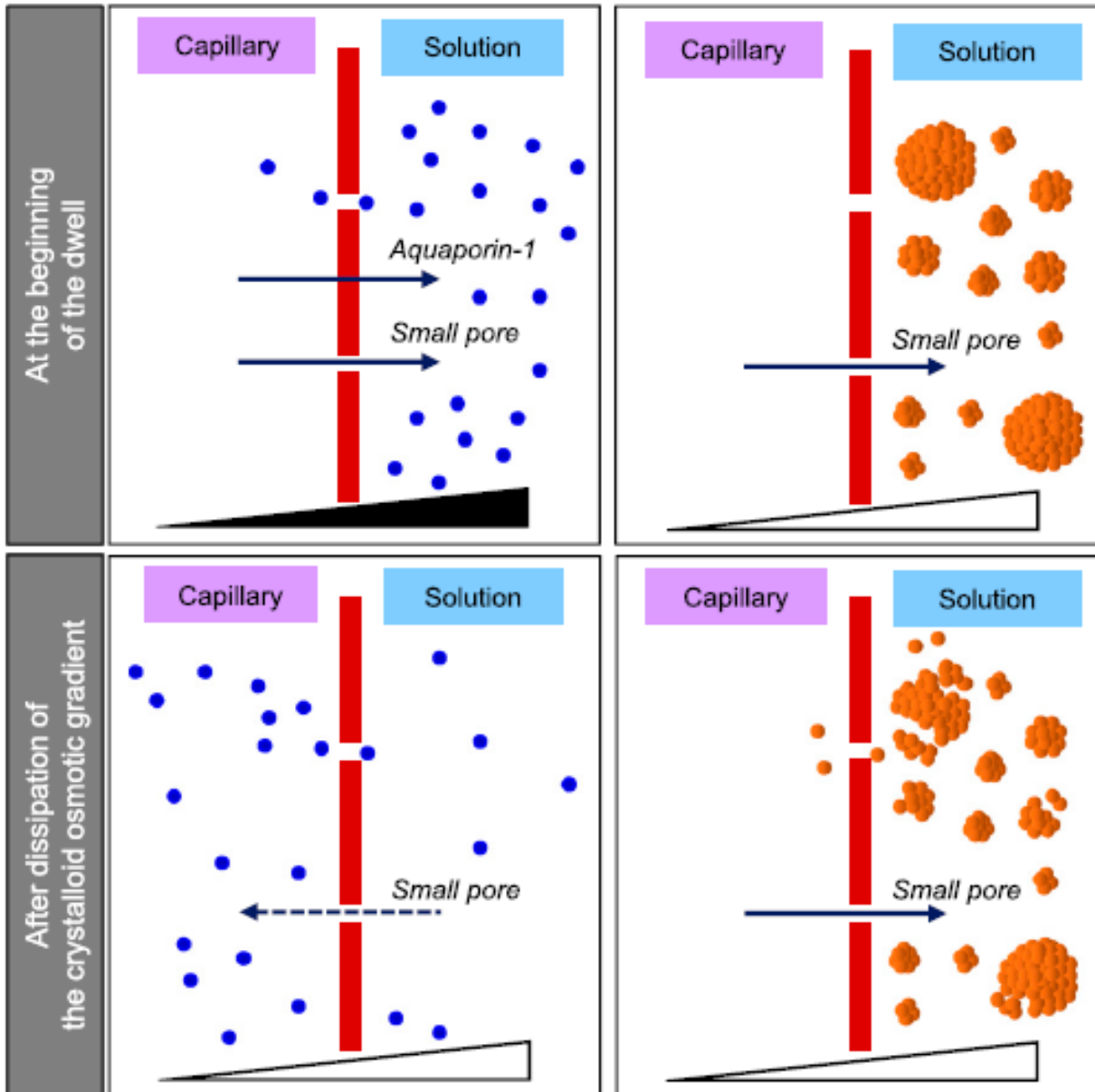


<sup>1</sup> Graph adapted from the combination of the following publications:  
Rippe et al., *Kidney Int.* 2000; 57:2546-2556 & Rippe et al., *Kidney Int.* 1999; 40:315-325



## Crystalloid osmosis

## Colloid osmosis

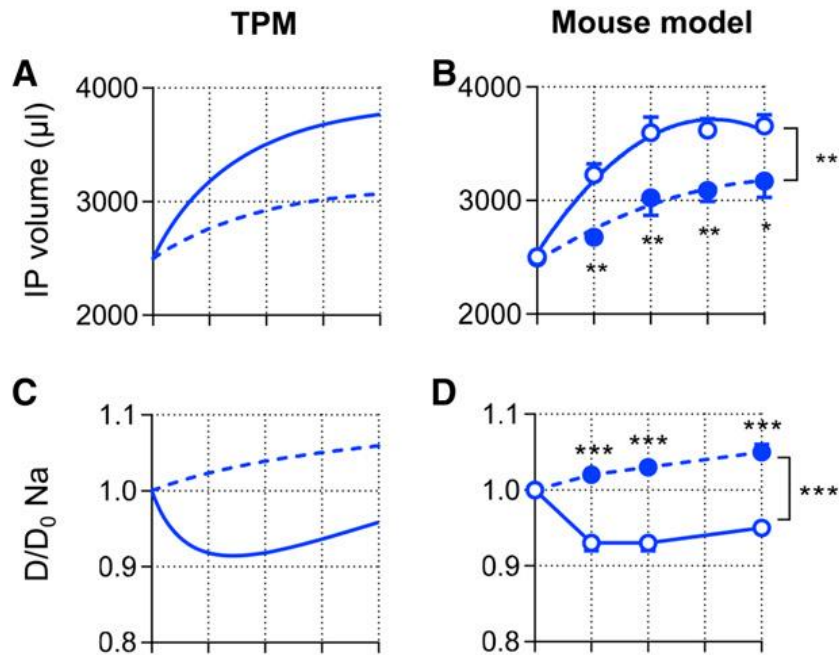


█ Endothelium   
 ● Crystalloid agent   
 ● Colloid agent   
  Osmotic gradient   
 ➔ Osmotic water flow

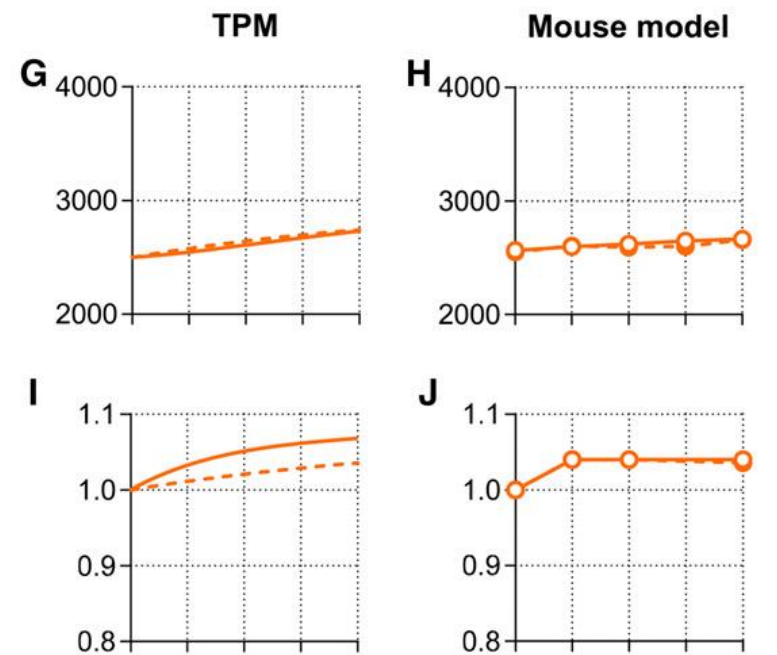
# Mechanisms of Crystalloid versus Colloid Osmosis across the Peritoneal Membrane

Johann Morelle,<sup>1,2</sup> Amadou Sow,<sup>2</sup> Charles-André Fustin,<sup>3</sup> Catherine Fillée,<sup>4</sup> Elvia Garcia-Lopez,<sup>5</sup> Bengt Lindholm,<sup>5</sup> Eric Goffin,<sup>1,2</sup> Frédéric Vandemaele,<sup>6</sup> Bengt Rippe,<sup>7,a</sup> Carl M. Öberg,<sup>7</sup> and Olivier Devuyst<sup>1,2,8</sup>

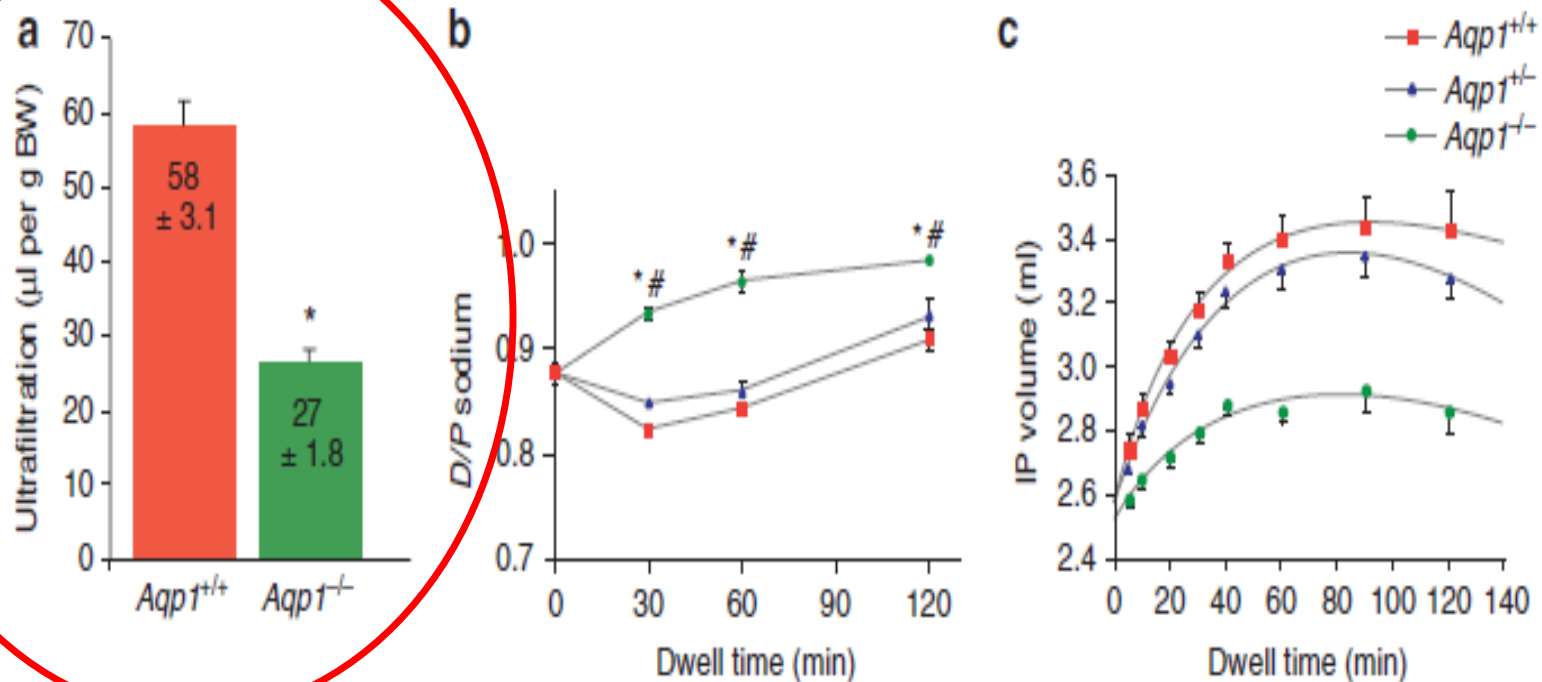
## Glucose



## Icodextrin

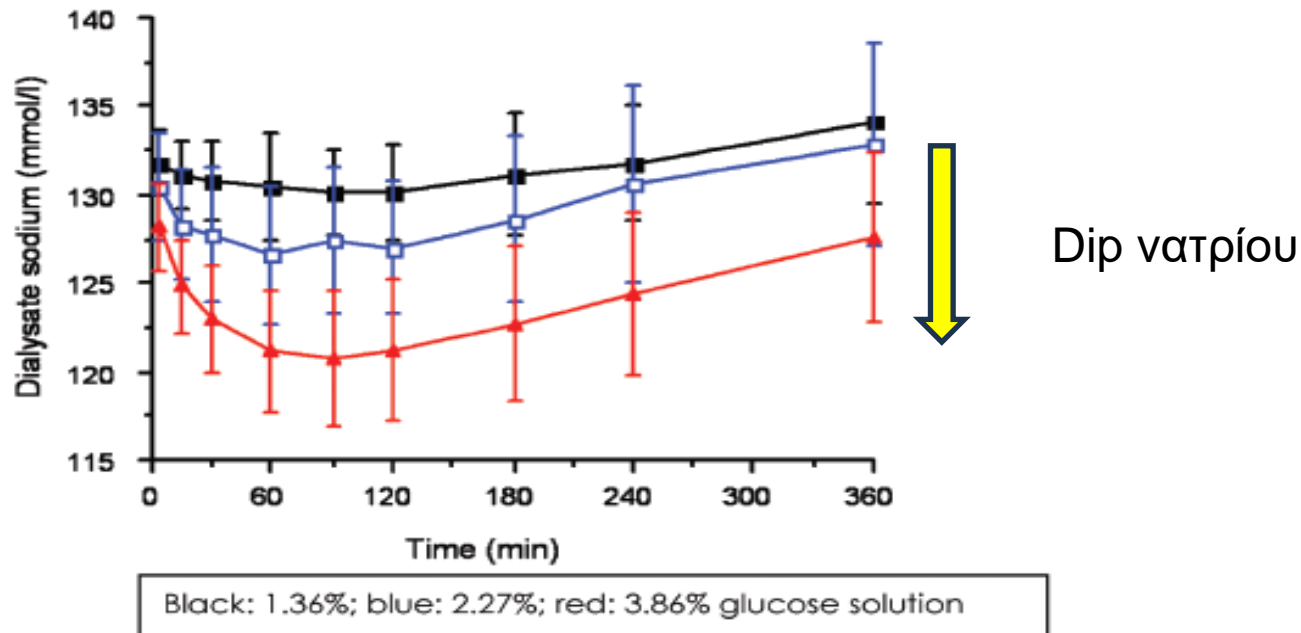


## Ρόλος AQP1 στη μεταφορά ύδατος

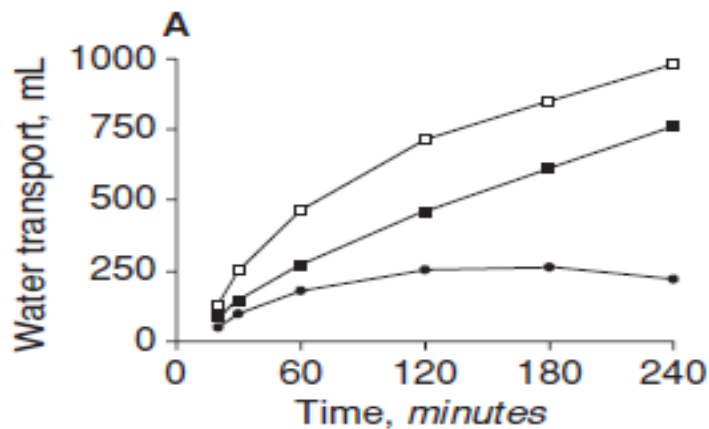


# Κοσκίνισμα Νατρίου (Sodium sieving)

Αραίωση του διαλύματος με νερό (μέσω των ακουαπορινών), μείωση συγκέντρωσης νατρίου στο διάλυμα (και των άλλων ηλεκτρολυτών)



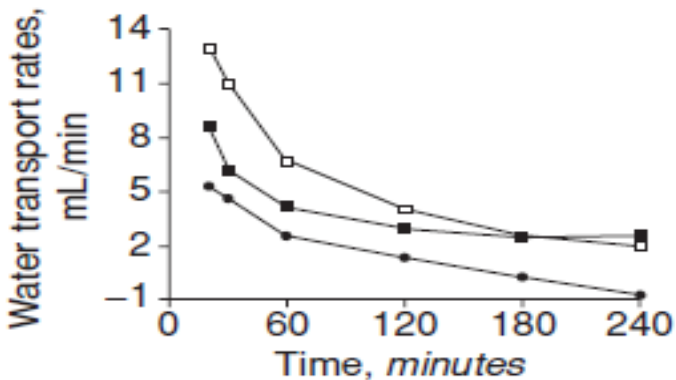
# Διατριχοειδικό υπερδιήθημα



συνολικό

Μικροί  
πόροι

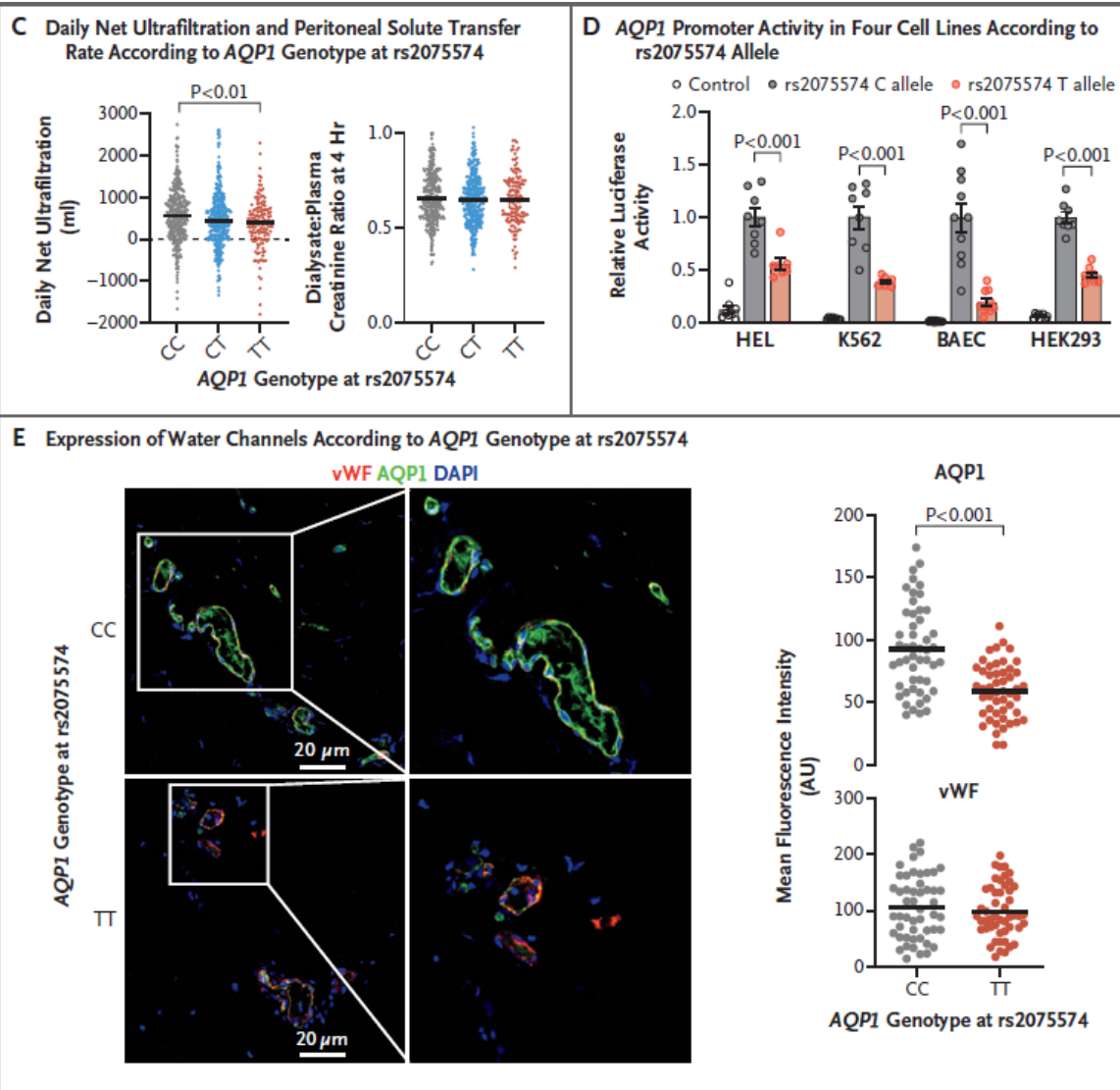
Κανάλια  
νερού



	Normal UF (N = 29)
First hour	
TCUF mL	463 (260–726)
Small pore transport mL	299 (131–526)
Free water transport mL	164 (13–290)
% Free water transport	35 (15–62)
First minute	
TCUF <sub>0-1</sub> mL	14.8 (4.2–38.1)
Small pore transport <sub>0-1</sub> mL	7.9 (2.5–24.4)
Free water transport <sub>0-1</sub> mL	7.1 (1.2–19.8)
% Free water transport <sub>0-1</sub>	48 (16–78)

# AQP1 Promoter Variant, Water Transport, and Outcomes in Peritoneal Dialysis

Johann Morelle, et al



- AQP1 promoter variant rs2075574
- Carriers of the TT genotype at rs2075574 (10 to 16% of patients) had a lower mean net ultrafiltration level than carriers of the CC genotype (35 to 47% of patients)

# Περιτοναϊκή μεταφορά

Υγρά  
(ώσμωση)

Ουσίες  
μικρού και μεγάλου  
MB

Κρυσταλλοειδική  
(Γλυκόζη  
Αμινοξέα)

Κολλοειδοσωμωτική  
(ικοντεξτρίνη)

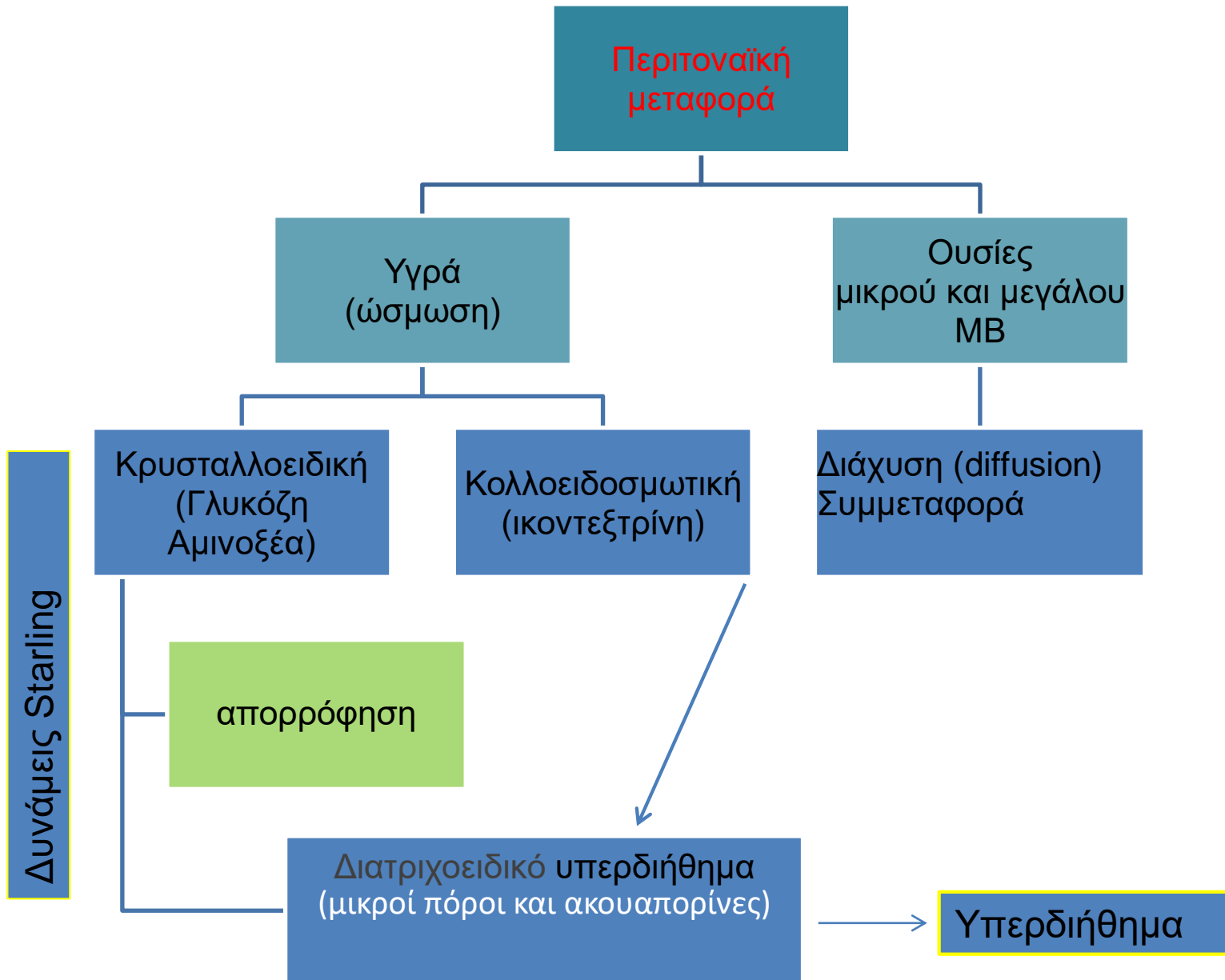
Διάχυση (diffusion)  
Συμμεταφορά

Δυνάμεις Starling

απορρόφηση

Διατριχοειδικό υπερδιήθημα  
(μικροί πόροι και ακουαπορίνες)

Υπερδιήθημα



# Κινητική υγρών στην ανεπάρκεια υπερδιηθήματος

Table 3. A comparison between patients with non-ultrafiltration failure (UFF) vs. UFF.

	Non UFF (n = 69)	UFF(n = 16)	p-Value
Age (years)	64.80 (IQR 51.90, 72.50)	63.30 (IQR 49.60, 70.60)	0.6
Gender (male/female)	26/43	8/8	0.47
PD duration (months)	34.40 (IQR 21.30, 63.30)	49.90 (IQR 26.60, 83.60)	0.07
UF (mL)	722 (IQR 622, 848)	349 (IQR 120.5, 375)	<0.001
D/P cre	0.71 (IQR 0.66, 0.76)	0.83 (IQR 0.77, 0.89)	<0.001
Dip D/PNa	0.048 (IOR 0.03, 0.07)	0.04 (IOR 0.01, 0.08)	0.19
UF60 mL	391 (IQR 292, 480)	265 (IQR 1, 391)	<0.001
FWT mL	175.20 (IOR 126.70, 242.10)	173.30 (IOR 58.50, 202.20)	0.01
Urine volume (mL)	1272.10 ± 677.40	1490.80 ± 800.10	0.01





Σας ευχαριστώ

# Ερώτηση 1η

Η ταχύτητα διάχυσης της ουρίας συγκρινόμενη με την ταχύτητα διάχυσης της κρεατινίνης (διαμέσου της περιτοναϊκής μεμβράνης) στον ίδιο ασθενή είναι:

- α) μεγαλύτερη
- β) μικρότερη
- γ) ίδια
- δ) εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μεμβράνης

# Ερώτηση 1η

Η ταχύτητα διάχυσης της ουρίας συγκρινόμενη με την ταχύτητα διάχυσης της κρεατινίνης (διαμέσου της περιτοναϊκής μεμβράνης) στον ίδιο ασθενή είναι:

- α) **μεγαλύτερη**
- β) μικρότερη
- γ) ίδια
- δ) εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της μεμβράνης

# Ερώτηση 2η

Ασθενής 70 ετών σε πρόγραμμα CAPD (3\*2.0L\* 1,36% διάλυμα γλυκόζης και ικοντεξτρίνη 2L) με ημερήσιο υπερδιήθημα 600-800ml χωρίς ούρα, ζητά να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD. Στο πρόσφατο PET test, D/P κρεατινίνης 0,50. Τι να τον συμβουλεύσουμε:

- α) μπορεί να ενταχθεί σε APD, αφού το επιθυμεί
- β) να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD γιατί θα έχει καλύτερη κάθαρση
- γ) να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD γιατί θα έχει μεγαλύτερο υπερδιήθημα
- δ) να παραμείνει ως έχει σε CAPD γιατί πιθανά σε πρόγραμμα APD δε θα έχει ικανοποιητικό ημερήσιο υπερδιήθημα

# Ερώτηση 2η

Ασθενής 70 ετών σε πρόγραμμα CAPD (3\*2.0L\* 1,36% διάλυμα γλυκόζης και ικοντεξτρίνη 2L) με ημερήσιο υπερδιήθημα 600-800ml χωρίς ούρα, ζητά να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD. Στο πρόσφατο PET test, D/P κρεατινίνης 0,50. Τι να τον συμβουλεύσουμε:

- α) μπορεί να ενταχθεί σε APD, αφού το επιθυμεί
- β) να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD γιατί θα έχει καλύτερη κάθαρση
- γ) να ενταχθεί σε πρόγραμμα APD γιατί θα έχει μεγαλύτερο υπερδιήθημα
- δ) να παραμείνει ως έχει σε CAPD γιατί πιθανά σε πρόγραμμα APD δε θα έχει ικανοποιητικό ημερήσιο υπερδιήθημα

# Ερώτηση 3η

Το διάλυμα ικοντεξτρίνης δίνει υπερδιήθημα προκαλώντας μετακίνηση νερού κύρια από:

- α. Κανάλια νερού
- β. Μικρούς πόρους
- γ. Κανάλια νερού και μικρούς πόρους
- δ. Μεγάλους πόρους

# Ερώτηση 3η

Το διάλυμα ικοντεξτρίνης δίνει υπερδιήθημα προκαλώντας μετακίνηση νερού κύρια από:

- α. Κανάλια νερού
- β. **Μικρούς πόρους**
- γ. Κανάλια νερού και μικρούς πόρους
- δ. Μεγάλους πόρους

# Ερώτηση 4η

Η κάθαρση φωσφόρου σε έναν ασθενή με σταθερή δίαιτα είναι

- α) ανεξάρτητη του προγράμματος ΠΚ
- β) μεγαλύτερη σε πρόγραμμα APD
- γ) μεγαλύτερη σε πρόγραμμα CAPD
- δ) τίποτα από τα παραπάνω



# Ερώτηση 4η

Η κάθαρση φωσφόρου σε έναν ασθενή με σταθερή δίαιτα είναι

- α) ανεξάρτητη του προγράμματος ΠΚ
- β) μεγαλύτερη σε πρόγραμμα APD
- γ) **μεγαλύτερη σε πρόγραμμα CAPD**
- δ) τίποτα από τα παραπάνω