

### **ΣΚΟΠΟΣ:**

Αναγέννηση  $\text{NAD}^+$  ώστε να ξαναχρησιμοποιηθεί στη γλυκόλυση

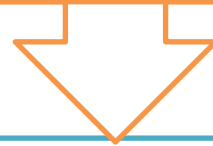
### **ΜΕΘΟΔΟΣ:**

Μεταφορά  $e^-$  από το  $\text{NADH}$  και όχι το ίδιο το  $\text{NADH}$

# Σύστημα μεταφοράς της 3-φωσφορικής γλυκερόλης

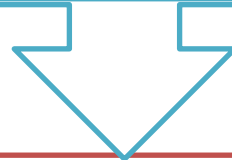
Μεταφορά ζεύγους  $e^-$  από NADH στη φωσφορική διυδροξυακετόνη προς σχηματισμό 3-φωσφορικής γλυκερόλης

(Η 3-φωσφορική γλυκερόλη επανοξειδώνεται σε φωσφορική διυδροξυακετόνη στην εξωτερική επιφάνεια της εσωτερικής μιτοχονδριακής μεμβράνης)



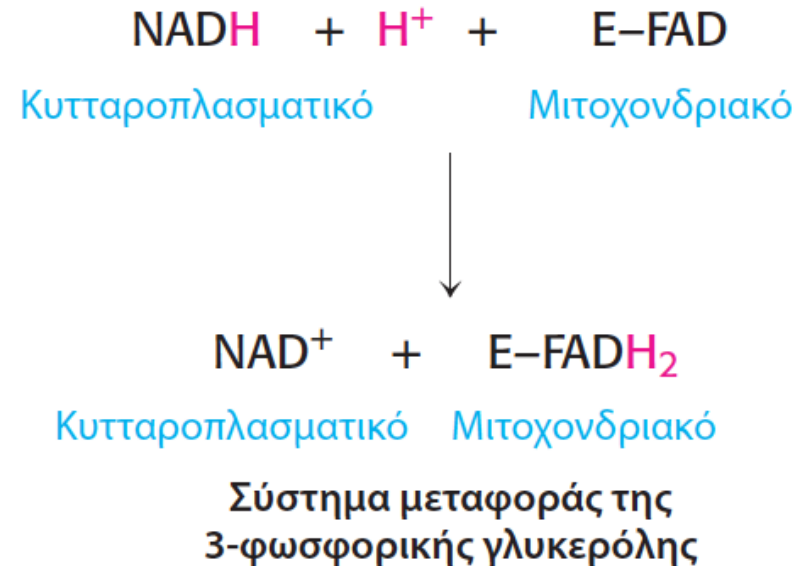
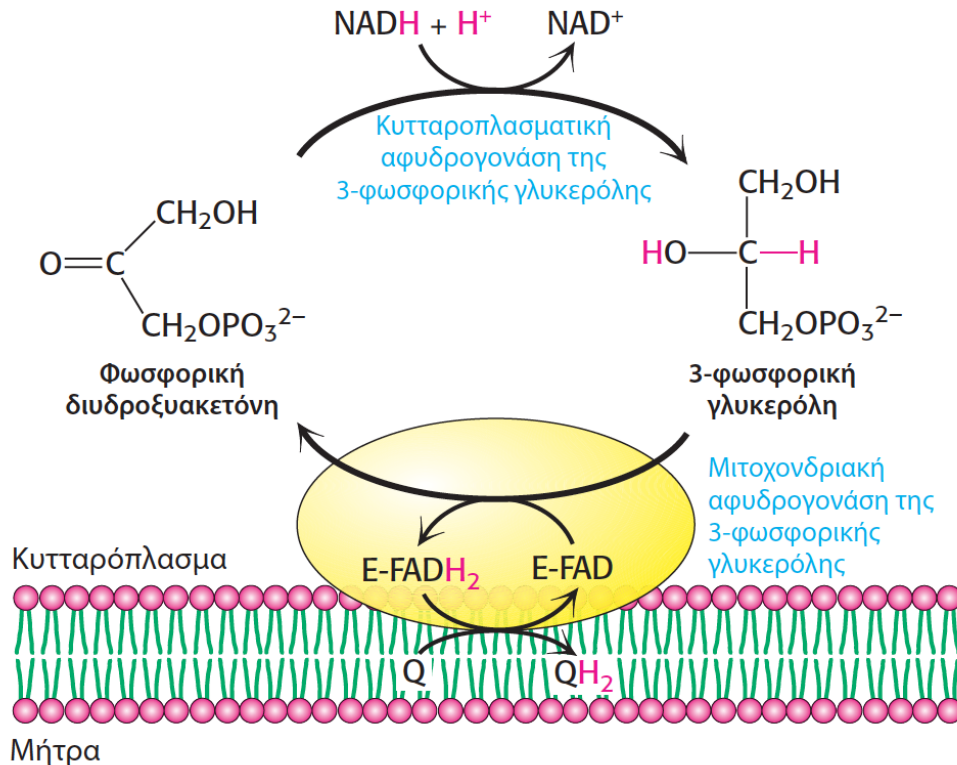
Μεταφορά ζεύγους  $e^-$  από τη 3-φωσφορική γλυκερόλη στην προσθετική ομάδα FAD προς σχηματισμό  $FADH_2$

(Η αντίδραση αυτή επίσης αναγεννά φωσφορική διυδροξυακετόνη)



Η  $FADH_2$  μεταφέρει τα  $e^-$  στον ηλεκτρονιακό φορέα Q, ο οποίος εισέρχεται στην αναπνευστική αλυσίδα ως  $QH_2$

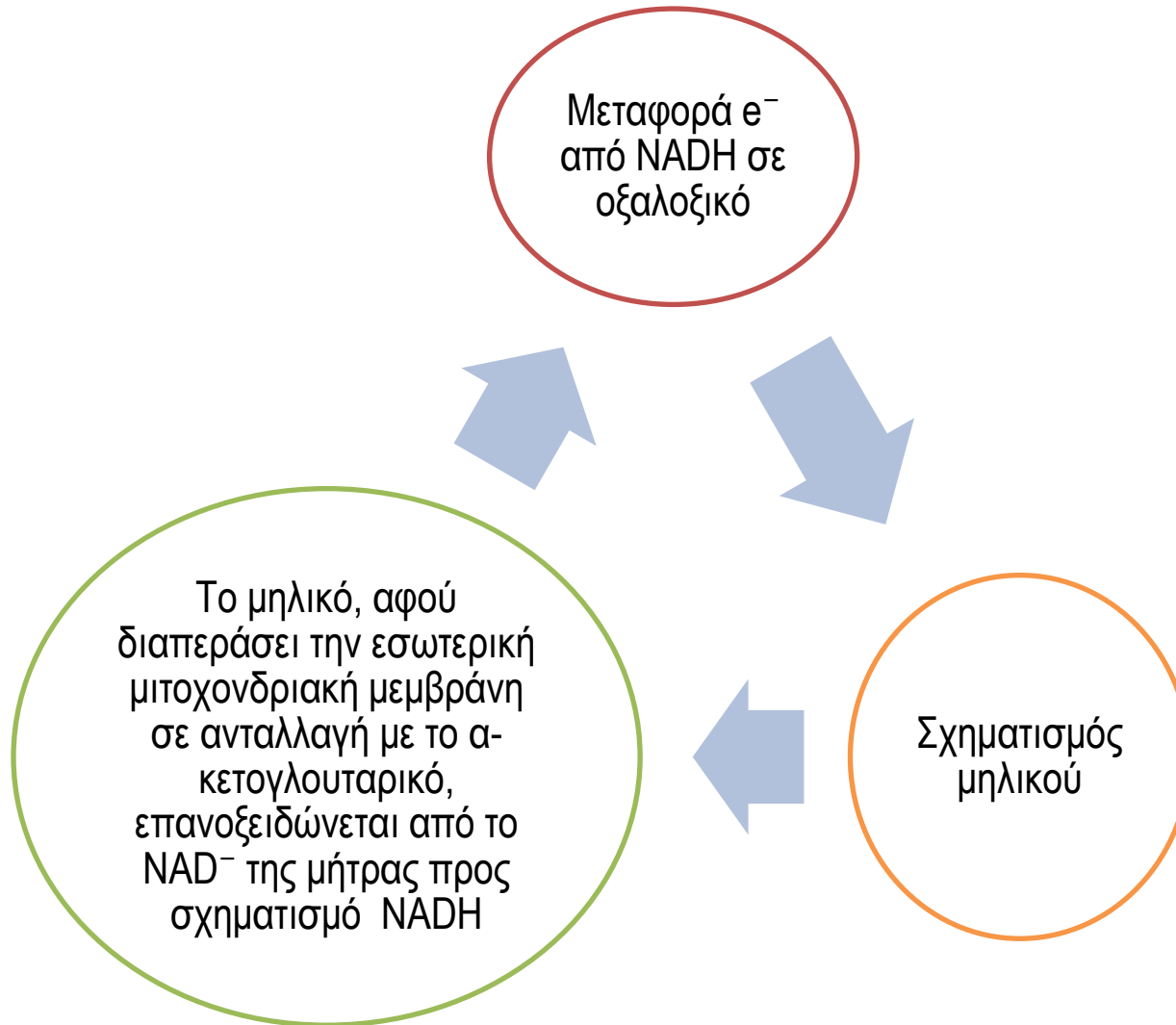
Η οξείδωση του NADH που μεταφέρεται από αυτό το σύστημα στην αναπνευστική αλυσίδα επιφέρει την παραγωγή 1,5 αντί για 2,5 μόρια ATP



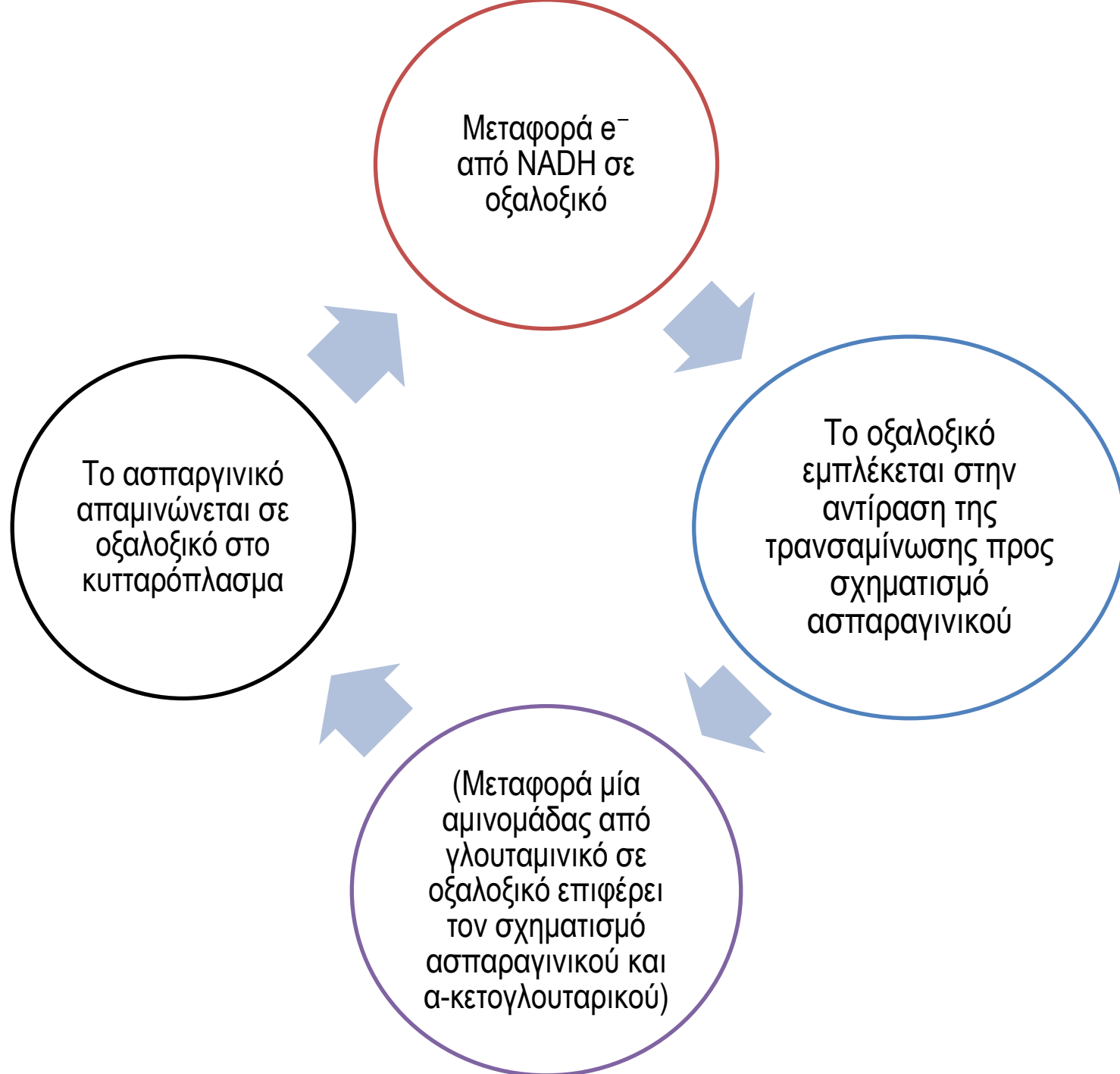
Το σύστημα αυτό είναι ιδιαίτερα αποδοτικό στους μυς, καθώς στηρίζει υψηλούς ρυθμούς οξειδωτικής φωσφορυλίωσης

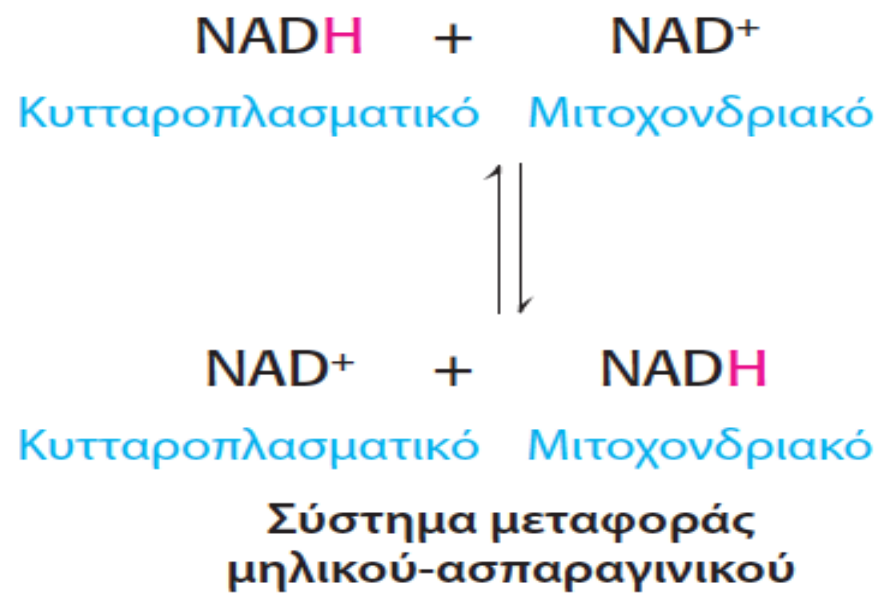
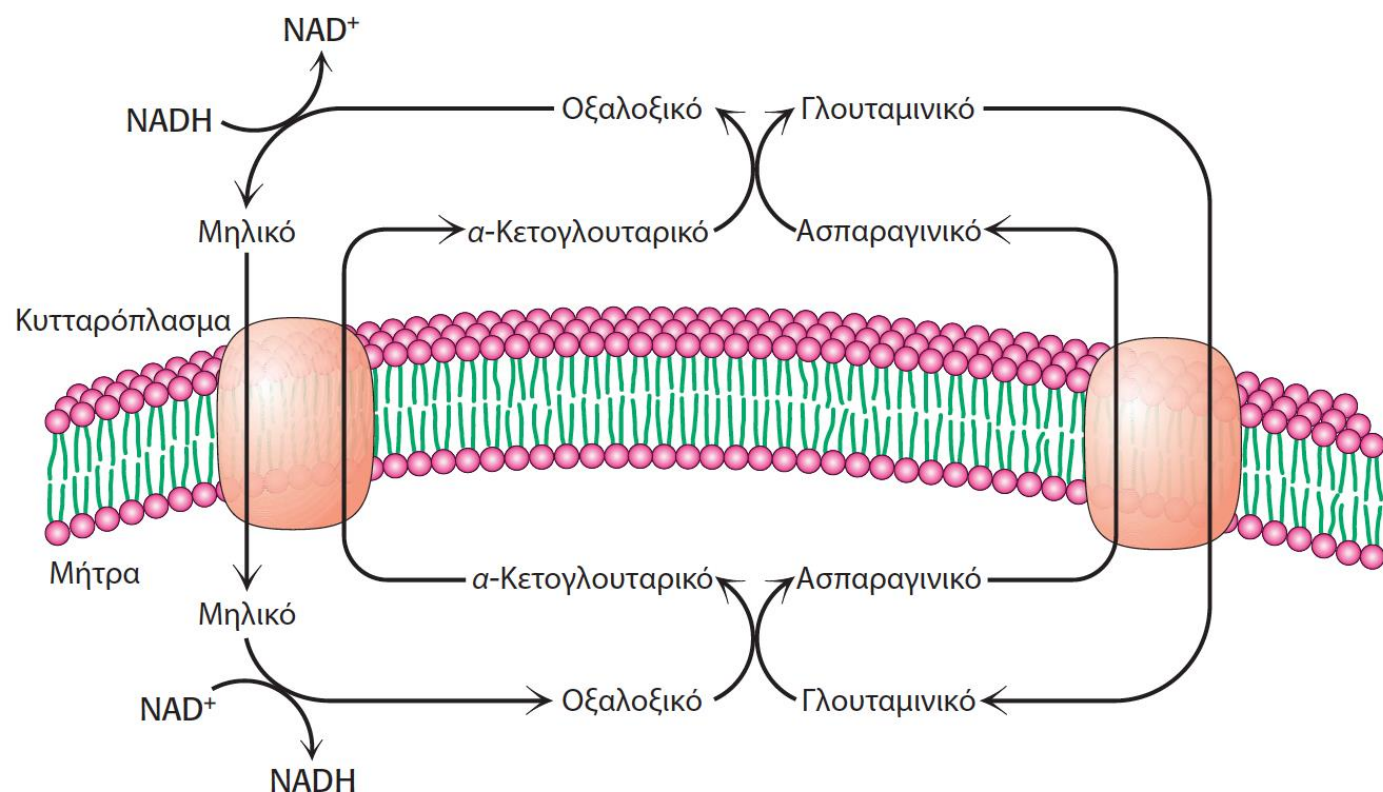
# Σύστημα μεταφοράς μηλικού - ασπαραγινικού

A



B

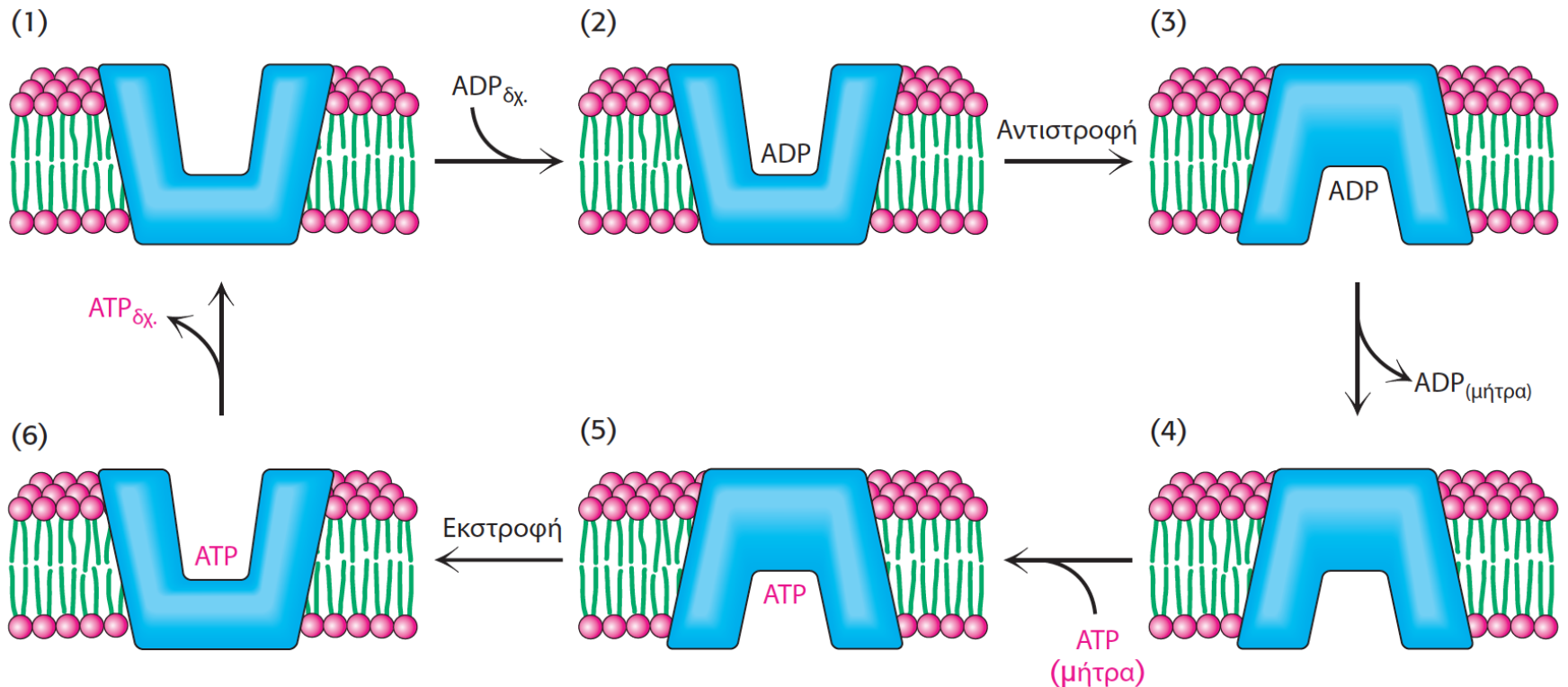




Κύρια λειτουργία της Οξειδωτικής Φωσφορυλίωσης είναι η παραγωγή ATP από ADP





# !Οι ροές των ATP και ADP είναι συζευγμένες






- 
- Η μετατοπίαση ATP-ADP αποτελεί το 15% της πρωτεΐνης της εσωτερικής μιτοχονδριακής μεμβράνης

- 
- Ο άνθρωπος ανταλλάσσει καθημερινά όση ATP όσο και το βάρος του

- 
- Τόσο η ATP όσο και η ADP είναι αρνητικά φορτισμένες, για αυτό ευνοείται η ανταλλαγή τους μεταξύ κυτταροπλάσματος και μιτοχονδρίων με θετικό μεμβρανικό δυναμικό

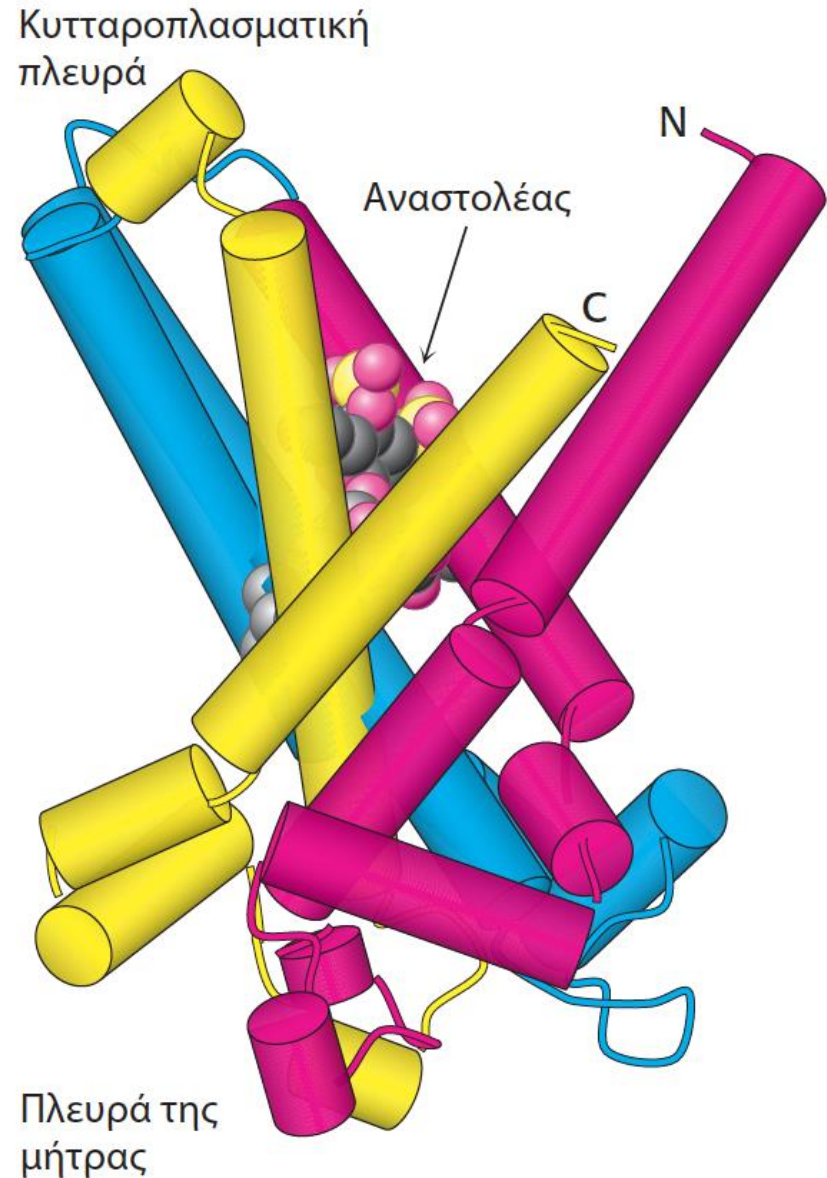
- 
- Περίπου του  $\frac{1}{4}$  της ενεργειακής απόδοσης της αναπνευστικής αλυσίδας καταναλώνεται για την αποκατάσταση του μεμβρανικού δυναμικού που αναλώνεται.

- 
- Η αναστολή της ανταλλαγής ATP-ADP, προκαλεί αναστολή της κυτταρικής αναπνοής

- 
- Οι ATP και ADP προσδένονται στη μετατοπίαση χωρίς  $Mg^{2+}$

# Μετατοπάση ΑΤΡ-ΑΔΡ

3 επάλληλες επαναλήψεις μίας ομάδας 100 καταλοίπων με κάθε δομή να αποτελείται από δύο διαμεμβρανικά τμήματα τα οποία στο χώρο σχηματίζουν μία δομή που μοιάζει με σκηνή ινδιάνων. Στη μέση περίπου της δομής είναι η θέση πρόσδεσης ενός νουκλεοτιδίου.



# Μιτοχονδριακοί Μεταφορείς Ιόντων και Φορτισμένων Μεταβολιτών

- Μετατοπίαση ATP-ADP
- Φορέας Φωσφορικών
- Φορέας Δικαρβοξυλικών
- Φορέας Τρικαρβοξυλικών
- Φορέας Πυροσταφυλικού

**!! Συνολικά περισσότεροι από 40 φορείς κωδικοποιημένοι στο ανθρώπινο γονιδίωμα**

# Πόσα μόρια ATP παράγονται κατά την πλήρη οξείδωση μιας γλυκόζης;

Γλυκόλυση

- 2 μόρια ATP
- 2 πυροσταφυλικά
- 2 μόρια NADH

Μετατροπή  
Πυροσταφυλικού σε  
Ακέτυλο-CoA

- 2 μόρια NADH

Κύκλος του Krebs

- 2 μόρια ATP
- 6 μόρια NADH
- 2 μόρια FADH<sub>2</sub>

## ΣΥΝΟΛΙΚΑ:

4 ATP

10 NADH

2 FADH<sub>2</sub>

## Οξ. Φωσφορυλίωση:

2 NADH (από  
γλυκολυση) → 1,5 μορια  
ATP το καθένα

8 NADH → 2,5 μορια ATP  
το καθένα

2 FADH<sub>2</sub> → 1,5 μορια ATP  
το καθένα

## Πίνακας 18.4 Απόδοση σε ATP από την πλήρη οξειδωση της γλυκόζης

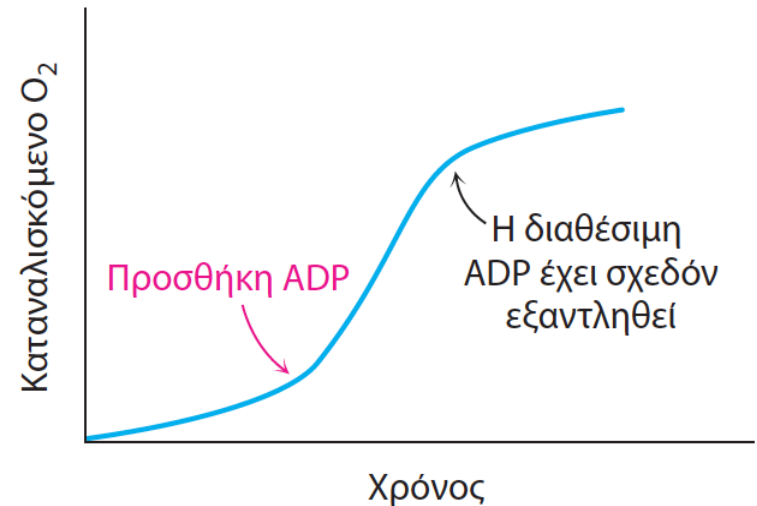
	Παραγωγή ATP ανά μόριο γλυκόζης
<b>Αλληλουχία αντιδράσεων</b>	
<b>Γλυκόλυση: Μετατροπή της γλυκόζης σε πυροσταφυλικό (στο κυτταρόπλασμα)</b>	
Φωσφορυλίωση της γλυκόζης	-1
Φωσφορυλίωση της 6-φωσφορικής φρουκτόζης	-1
Αποφωσφορυλίωση δύο μορίων 1,3-BPG	+2
Αποφωσφορυλίωση δύο μορίων φωσφο-ενολοπυροσταφυλικού	+2
Σχηματισμός δύο μορίων NADH κατά την οξειδωση δύο μορίων 3-φωσφορικής γλυκεραλδεΐδης	
<b>Μετατροπή του πυροσταφυλικού σε ακετυλο-CoA (μέσα στα μιτοχόνδρια)</b>	
Σχηματισμός δύο μορίων NADH	
<b>Κύκλος του κιτρικού οξέος (μέσα στα μιτοχόνδρια)</b>	
Σχηματισμός δύο μορίων τριφωσφορικής αδενοσίνης από 2 μόρια ηλεκτρυλο-CoA	+2
Σχηματισμός έξι μορίων NADH από την οξείδωση δύο μορίων από τα: ισοκιτρικό, α-κετογλουταρικό και μηλικό	
Σχηματισμός δύο μορίων FADH <sub>2</sub> από την οξείδωση 2 μορίων ηλεκτρικού	
<b>Οξειδωτική φωσφορυλίωση (μέσα στα μιτοχόνδρια)</b>	
Σχηματισμός δύο μορίων NADH από τη γλυκόλυση· το κάθε ένα αποδίδει 1,5 μόρια ATP (υποτίθεται ότι η μεταφορά NADH γίνεται από το σύστημα μεταφοράς της 3-φωσφορικής γλυκερόλης)	+3
Σχηματισμός δύο μορίων NADH από την οξειδωτική αποκαρβοξυλίωση του πυροσταφυλικού· το κάθε ένα αποδίδει 2,5 μόρια ATP	+5
Σχηματισμός δύο μορίων FADH <sub>2</sub> από τον κύκλο του κιτρικού οξέος· το κάθε ένα αποδίδει 1,5 μόρια ATP	+3
Σχηματισμός έξι μορίων NADH από τον κύκλο του κιτρικού οξέος· το κάθε ένα αποδίδει 2,5 μόρια ATP	+15
<b>Καθαρή απόδοση ανά μόριο γλυκόζης</b>	<b>+30</b>

Πηγή: Η απόδοση σε ATP της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης βασίζεται σε τιμές που δόθηκαν από P. C. Hinkle, M. A. Kumar, A. Resetar, and D. L. Harris. *Biochemistry* 30:3576, 1991.

Σημείωση: Η σημερινή τιμή των 30 μορίων ATP ανά μόριο γλυκόζης αντικαθιστά την προγενέστερη των 36 μορίων ATP. Οι στοιχειομετρικές στην άντληση πρωτονίων, τη σύνθεση ATP και τη μεταφορά μεταβολιτών θα πρέπει να θεωρηθούν ως προσεγγίσεις. Περίπου δύο επιπλέον μόρια ATP σχηματίζονται ανά μόριο πλήρως οξειδωμένης γλυκόζης όταν χρησιμοποιείται το σύστημα μεταφοράς μηλικού-ασπαραγινικού αντί εκείνου της 3-φωσφορικής γλυκερόλης.

# Ο ρυθμός της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης καθορίζεται από τις ανάγκες σε ATP.

Τα ηλεκτρόνια δεν ρέουν δια μέσου της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων προς το  $O_2$  εκτός και εάν η ADP φωσφορυλιώνεται ταυτόχρονα σε ATP



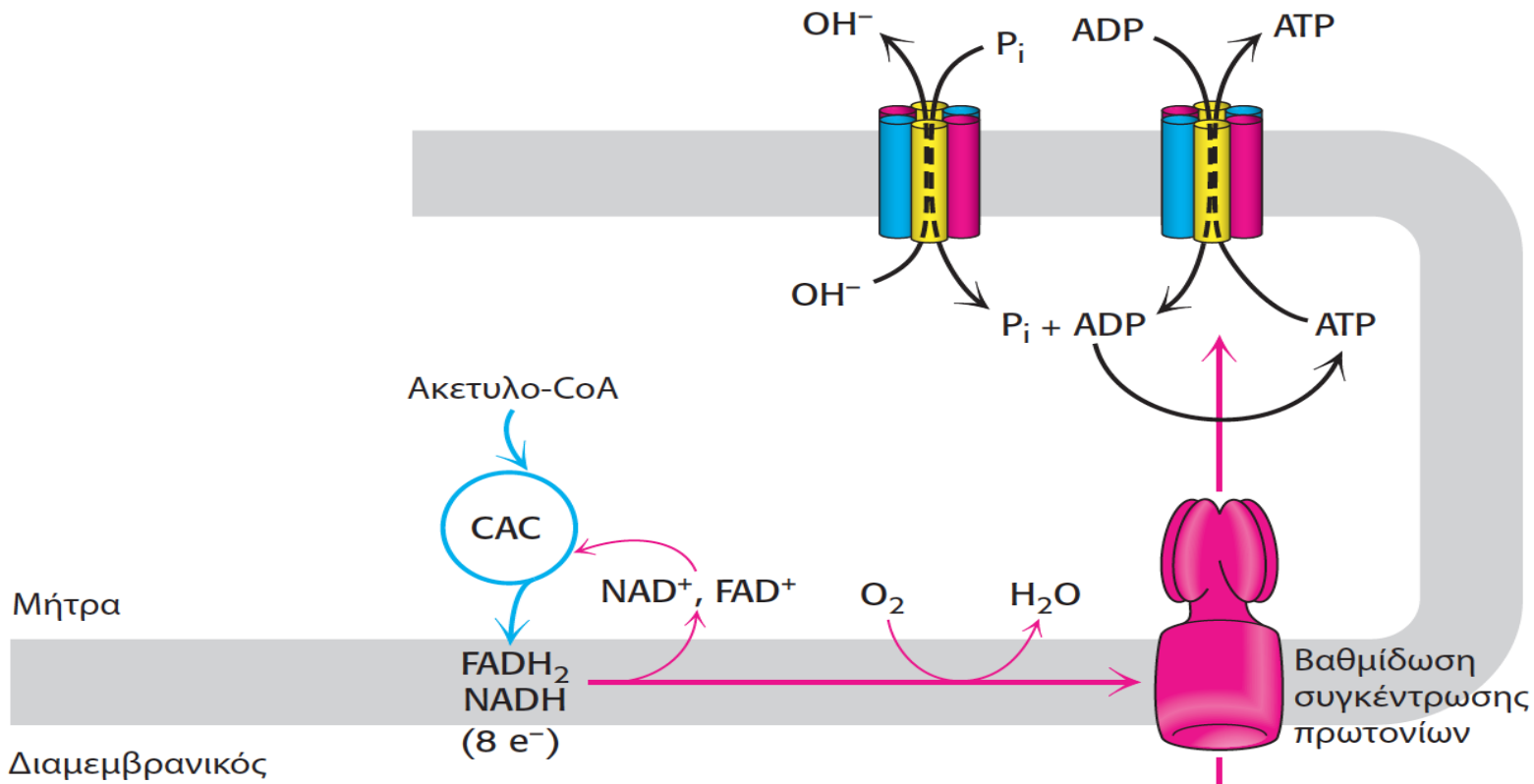
$cADP \uparrow \uparrow \rightarrow$  Οξ. Φωσφορυλίωση Επιταχύνεται

Αυτό το φαινόμενο:

- Αναπνευστικός έλεγχος
- Έλεγχος του δέκτη

**Εικόνα 18.39 Έλεγχος της κυτταρικής αναπνοής.** Τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται προς το  $O_2$  μόνο αν η ADP φωσφορυλιώνεται ταυτόχρονα σε ATP.

# Επίδραση ADP στον κύκλο του Krebs



**Εικόνα 18.40 Το ενεργειακό φορτίο ρυθμίζει τη χρήση καύσιμων μορίων.** Η σύνθεση της ATP από ADP και  $\text{P}_i$  ρυθμίζει τη ροή ηλεκτρονίων από το  $\text{NADH}$  και το  $\text{FADH}_2$  προς το  $\text{O}_2$ . Με τη σειρά τους, τα διαθέσιμα επίπεδα  $\text{NAD}^+$  και  $\text{FAD}$  ελέγχουν τον ρυθμό του κύκλου του κιτρικού οξέος (CAC).

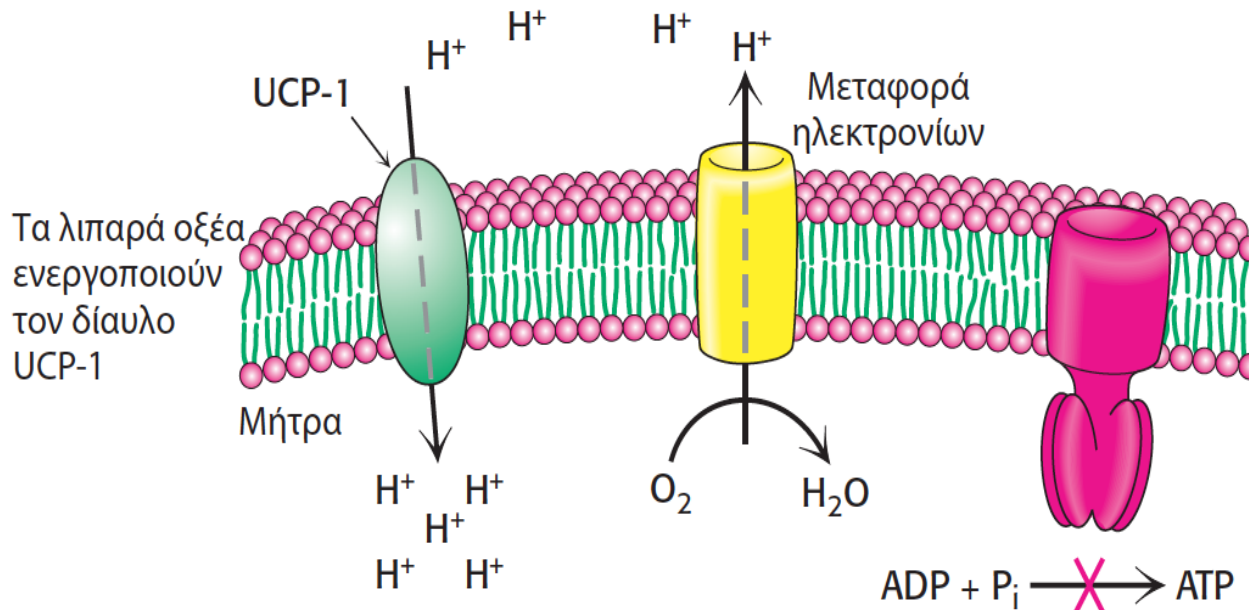


Ορισμένοι οργανισμοί έχουν την ικανότητα αποσύζευξης της Ο.Φ. από την συνθεση ATP → παραγωγή Θερμότητας



Η αποσύζευξη αυτή στα ζώα λαμβάνει χώρα στον **καστανό λιπώδη ιστό** → ειδικός στην μη τρεμώδους θερμογένεση.

Ο **Κ.Λ.Ι.** → μιτοχόνδρια ↑ → πρωτείνες αποσύζευξης UCP-1 ↑ ↑



**Εικόνα 18.41** Η δράση μιας αποσυζευκτικής πρωτεΐνης. Η αποσυζευκτική πρωτεΐνη (UCP-1) παράγει θερμότητα επιτρέποντας την είσοδο πρωτονίων στα μιτοχόνδρια χωρίς τη σύνθεση ATP.

# Οι χοίροι δεν διαθέτουν UCP-1!



Τα μόνα σπληφόρα  
ζώα τα οποία  
φτιάχνουν φώλιες για  
τα νεογνά!

