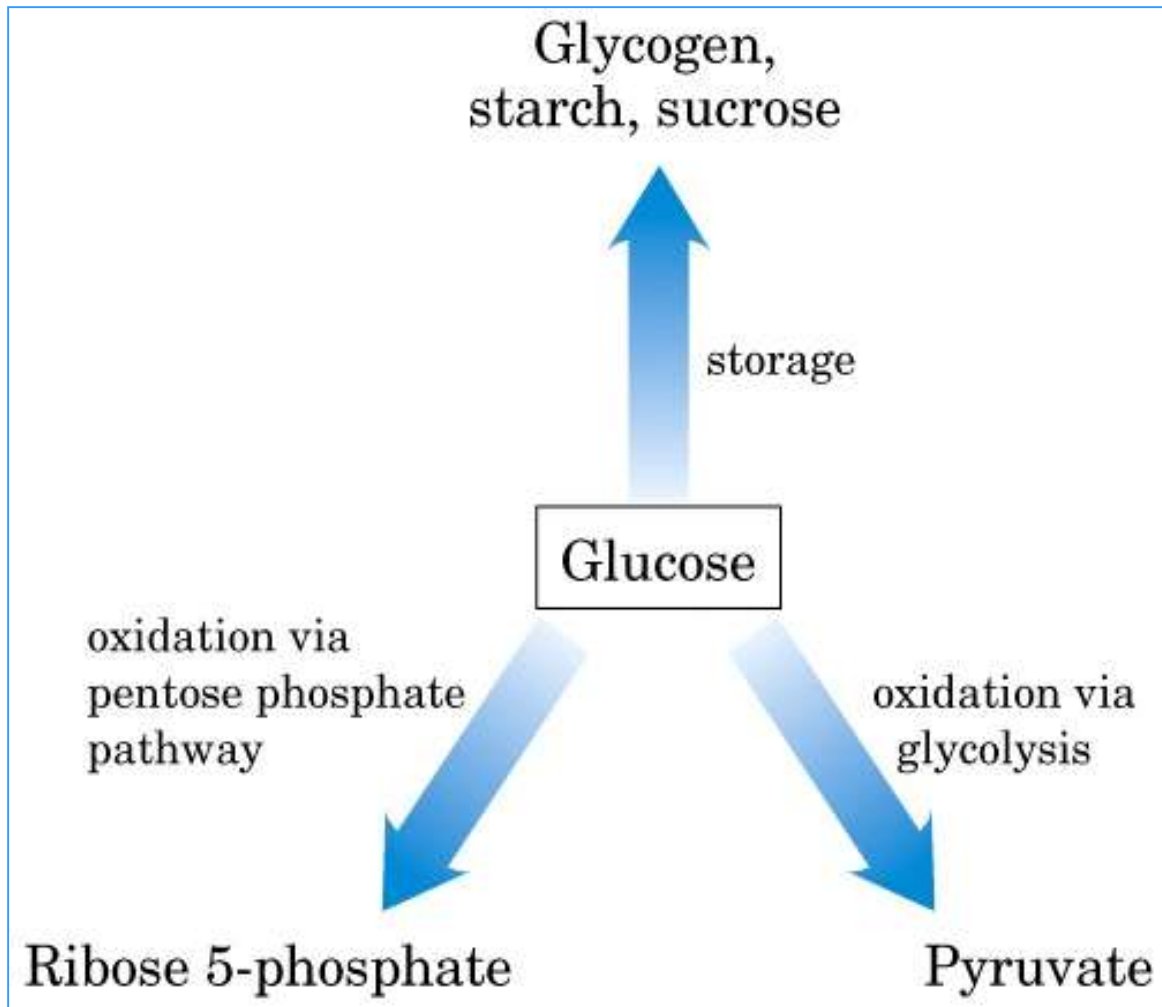
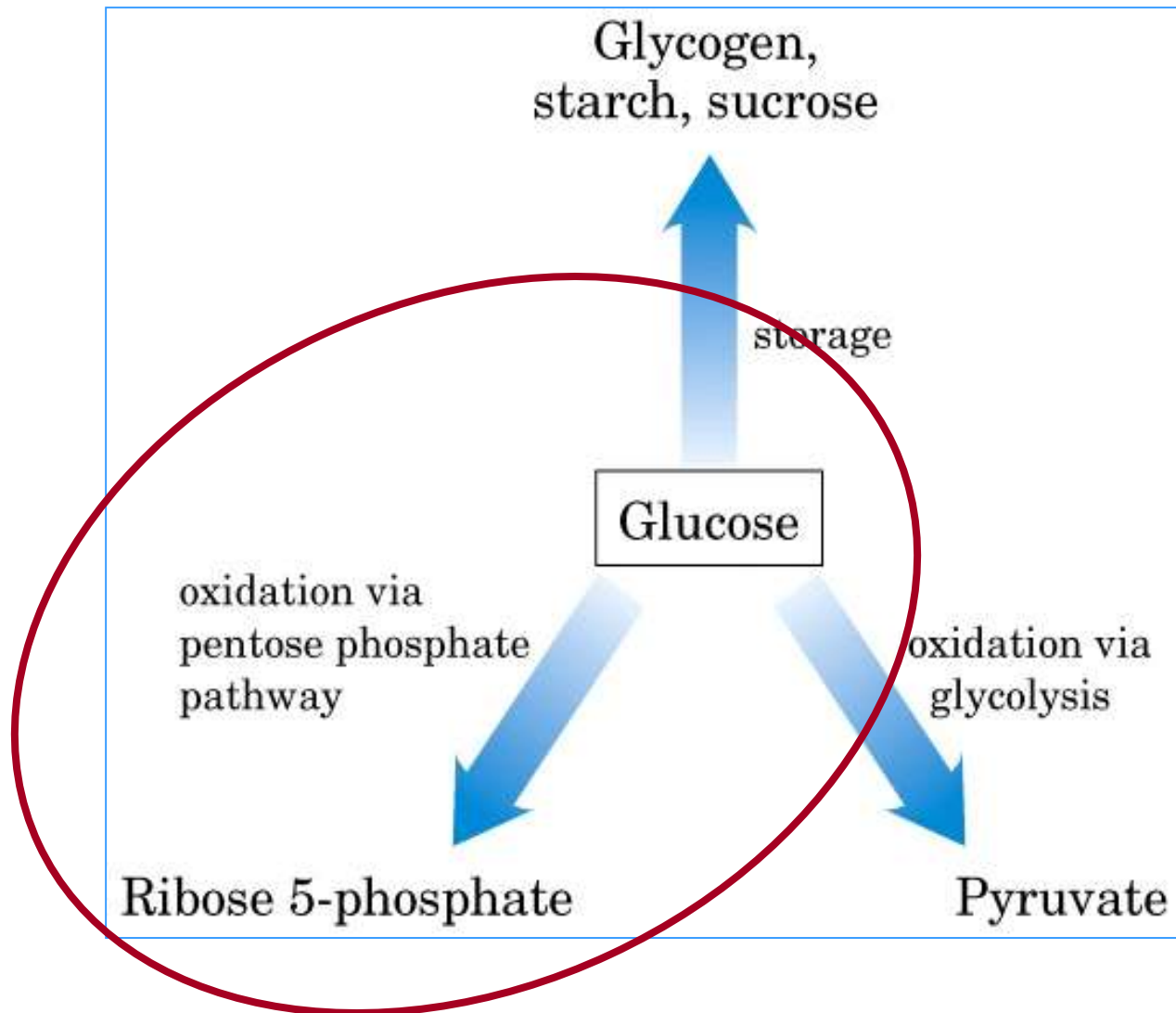


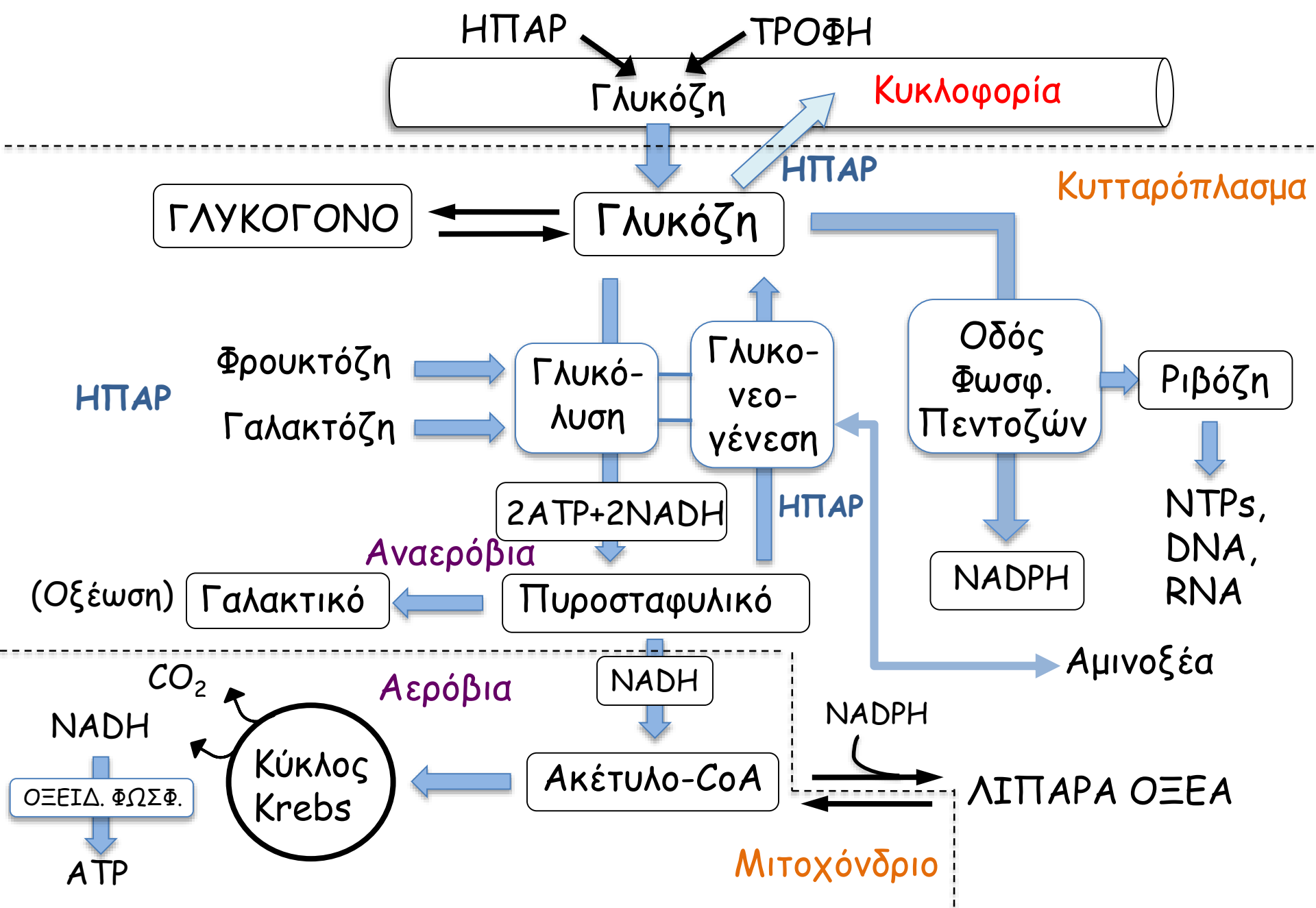
Η οδός των φωσφορικών πεντοζών



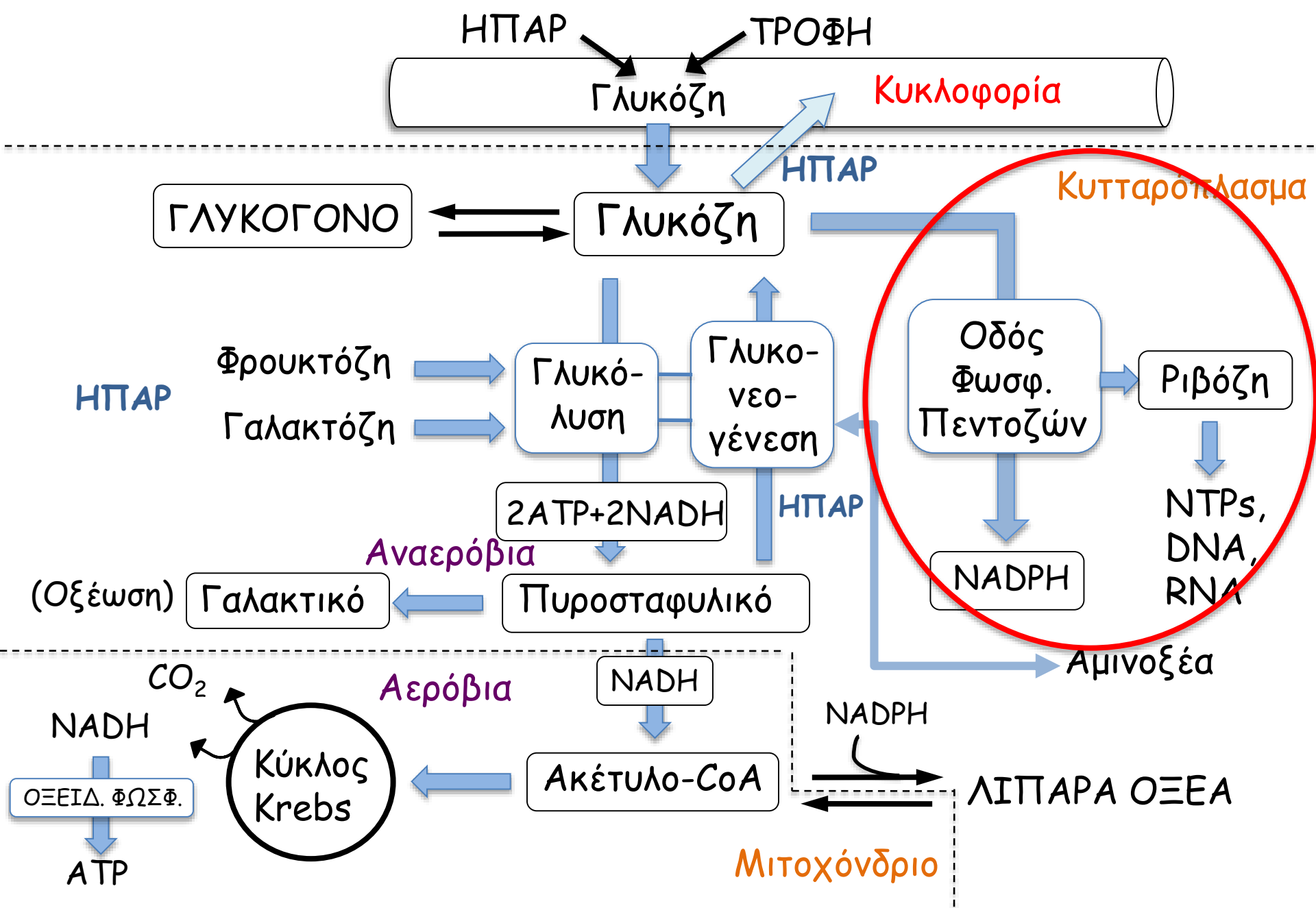
Η οδός των φωσφορικών πεντοζών



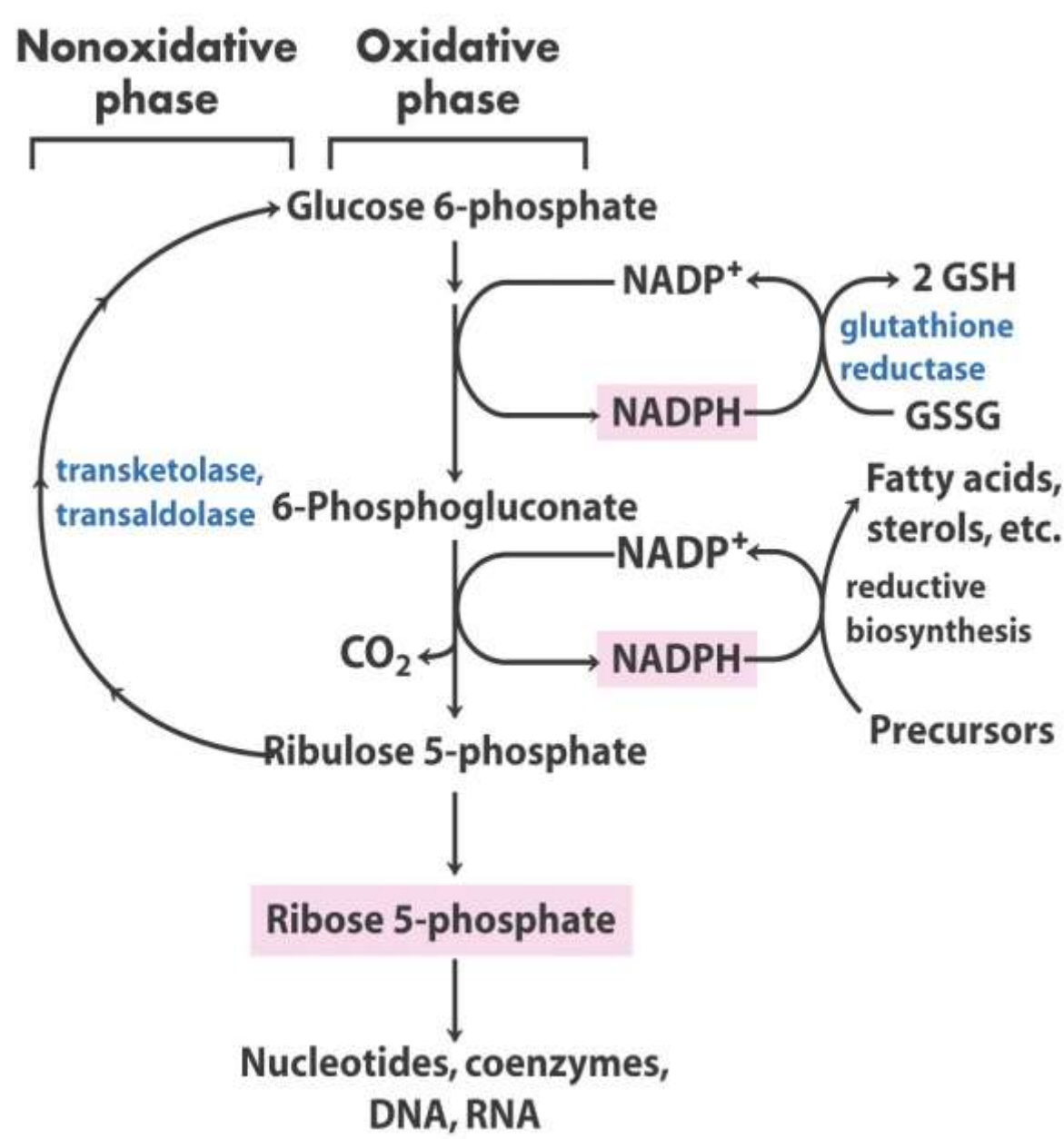
Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



Ανασκόπηση μεταβολισμού υδατανθρακών



ΣΥΝΟΨΗ: Η οδός των φωσφορικών πεντοζών



- Σημασία (NADPH, ριβόζη)
- Οξειδωτικός κλάδος
- Μη-οξειδωτικός κλάδος
- Σύνδρομο Wernicke-Korsakoff
- Συντονισμός με γλυκόλυση
- Αντιοξειδωτική προστασία
- Ανεπάρκεια G6PD

Οδός φωσφορικών πεντοζών

Οξειδωτικός κλάδος

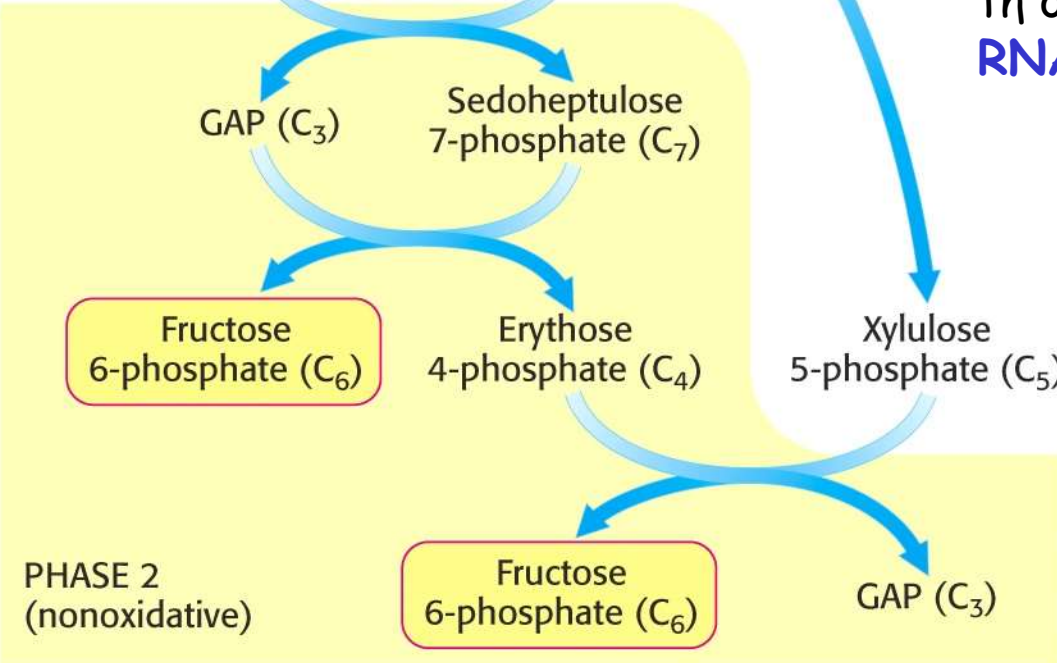
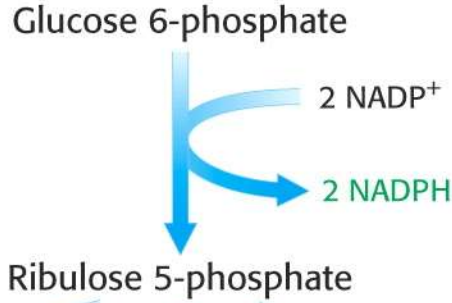
Παραγωγή NADPH

Απαραίτητο για βιοσυνθέσεις (λιπαρών οξέων, χοληστερόλης, νευροδιαβιβαστών, νουκλεοτιδίων), αποτοξίνωση και προστασία από οξειδωτικό στρες. Ιστοί: ήπαρ, φλοιός επινεφριδίων, Θηλάζων μαστικός αδένας, ερυθροκύτταρα, λιπώδης ιστός.

Παραγωγή πεντοζών

Ειδικά 5-P-ριβόζης, απαραίτητη για τη σύνθεση **ATP, NAD, FAD, CoA, RNA και DNA**

PHASE 1
(oxidative)

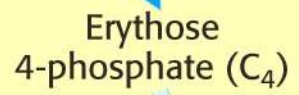
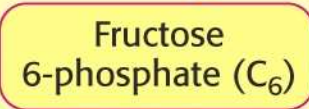
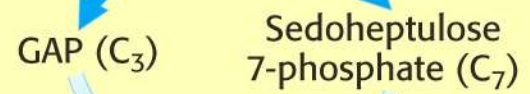
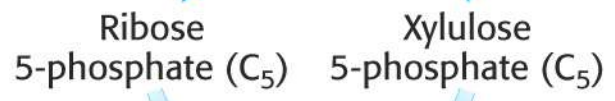
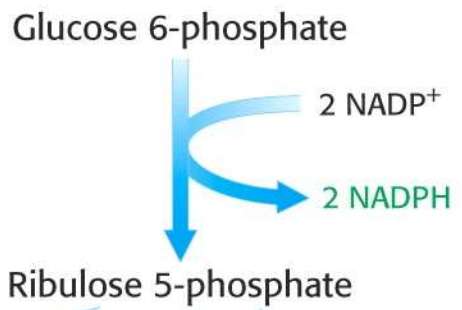


PHASE 2
(nonoxidative)

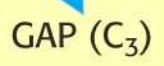
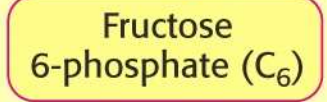
ΚΥΤΟΣΟΛΙΟ

Οδός φωσφορικών πεντοζών

PHASE 1
(oxidative)



PHASE 2
(nonoxidative)



Οξειδωτικός κλάδος

Παραγωγή NADPH

Απαραίτητο για βιοσυνθέσεις (λιπαρών οξέων, χοληστερόλης, νευροδιαβιβαστών, νουκλεοτιδίων), αποτοξίνωση και προστασία από οξειδωτικό στρες. Ιστοί: ήπαρ, φλοιός επινεφριδίων, Θηλάζων μαστικός αδένας, ερυθροκύτταρα, λιπώδης ιστός.

Παραγωγή πεντοζών

Ειδικά 5-P-ριβόζης, απαραίτητη για τη σύνθεση **ATP, NAD, FAD, CoA, RNA και DNA**

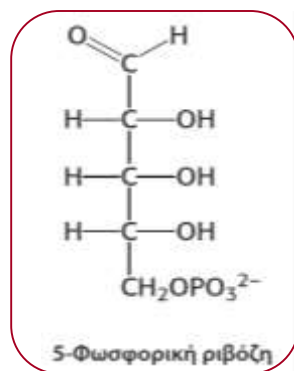
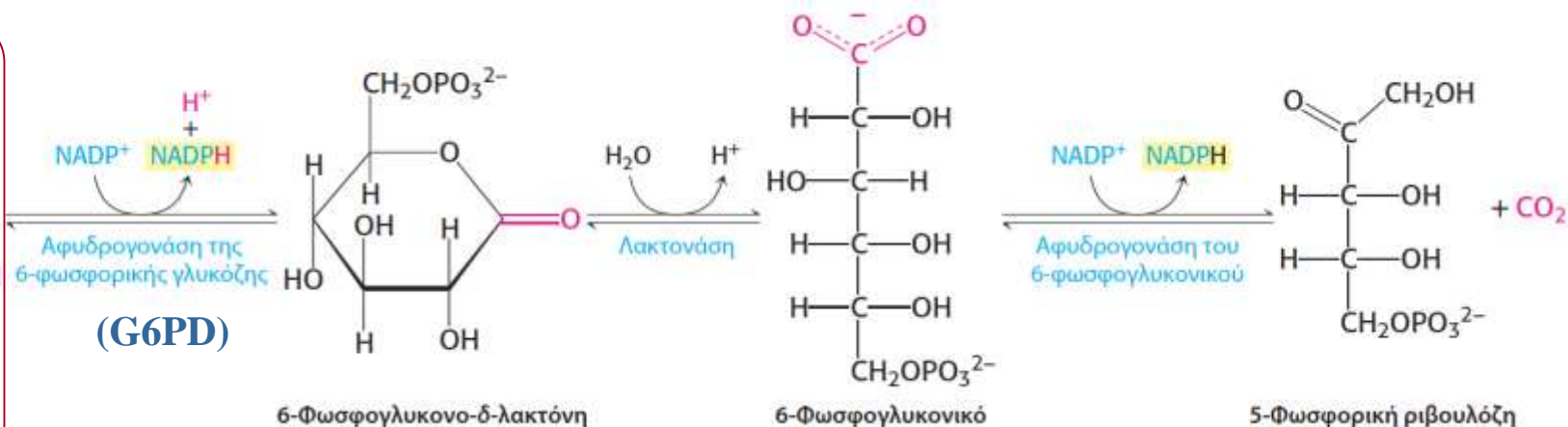
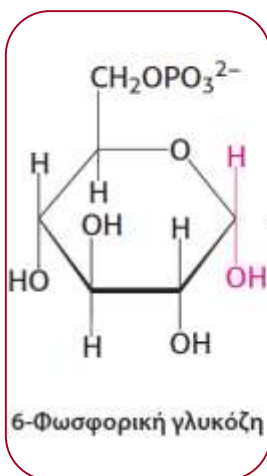
Μη οξειδωτικός κλάδος

Αλληλομετατροπή σακχάρων C₃, C₄, C₅, C₆, C₇
Παραγωγή ενδιάμεσων γλυκόλυσης και γλυκονεογένεσης

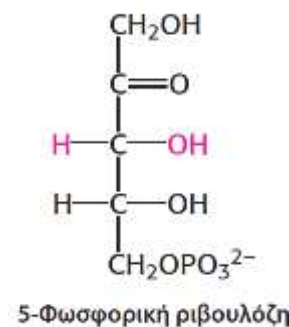
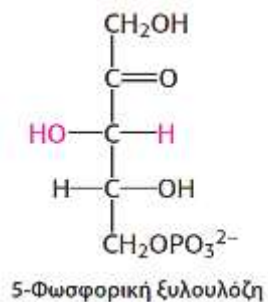
ΚΥΤΟΣΟΛΙΟ

Οξειδωτικός κλάδος:

οξείδωση + οξειδωτική αποκαρβοξυλίωση της 6-φωσφορικής γλυκόζης σε 5-φωσφορική ριβόζη με σύγχρονη παραγωγή 2 NADPH

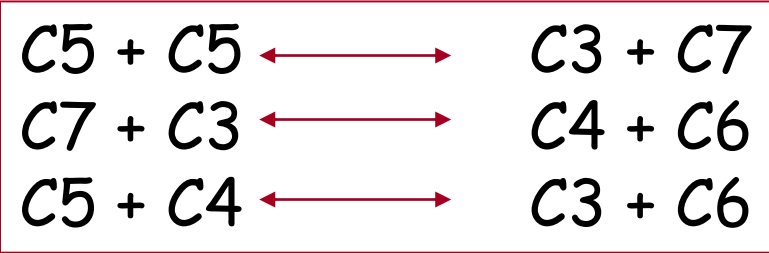
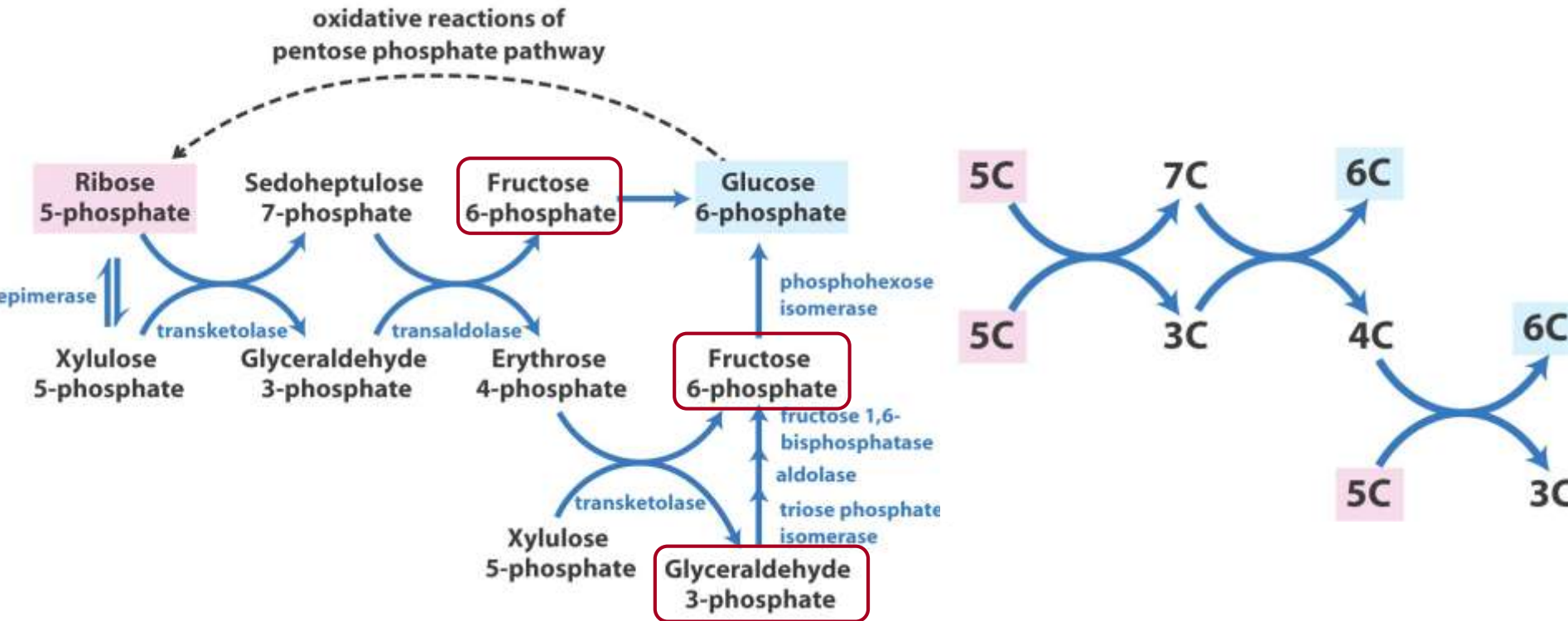


Ισομεράση των φωσφορικών πεντοζών

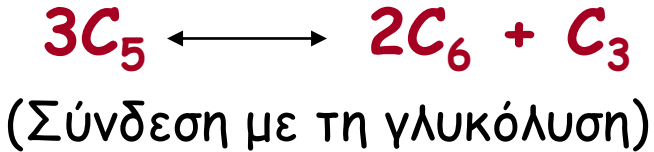


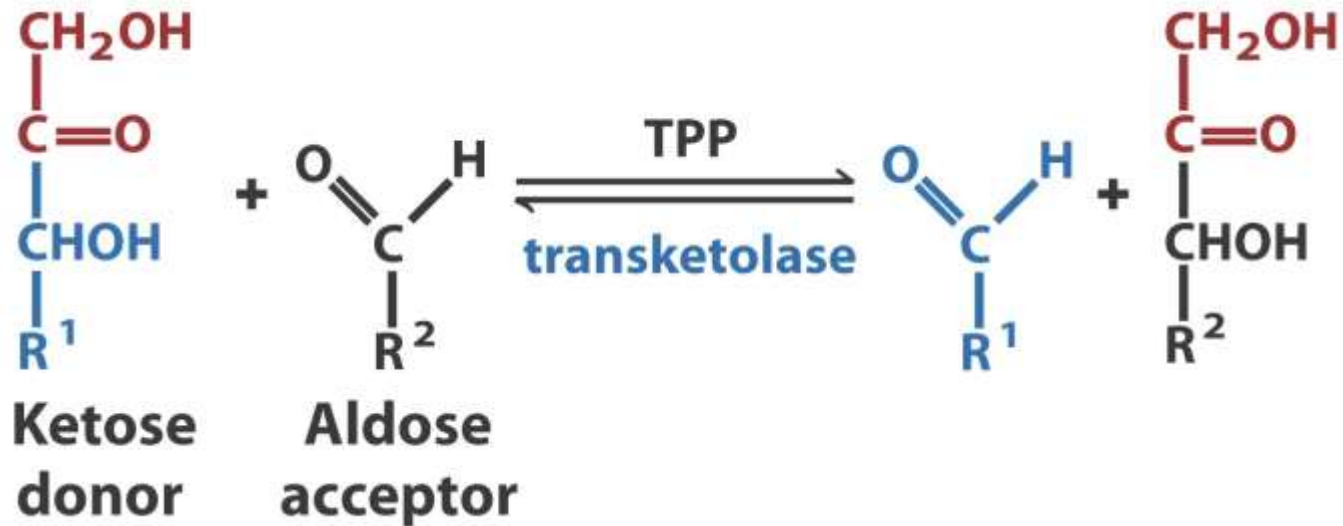
Μη οξειδωτικός κλάδος:

αλληλομετατροπές σακχαρών με διαφορετικό αριθμό ατόμων άνθρακα



Τρανσκετολάση
 Τρανσαλδολάση
 Τρανσκετολάση





Σύνδρομο Wernicke-Korsakoff

Μετάλλαξη στο γονίδιο της τρανσκετολάσης → μείωση της συγγένειας για TPP

Ανεπάρκεια θειαμίνης → Βαριά απώλεια μνήμης, διανοητική σύγχυση, μερική παράλυση

Κοινό στους αλκοολικούς, ελαττωμένη απορρόφηση βιταμινών

Συντονισμός της πορείας των φωσφορικών πεντοζών με την γλυκόλυση

Η ροή της 6-φωσφορικής γλυκόζης εξαρτάται από τις ανάγκες του κυττάρου σε **NADPH**, **5-φωσφορική ριβόζη** και **ATP**.

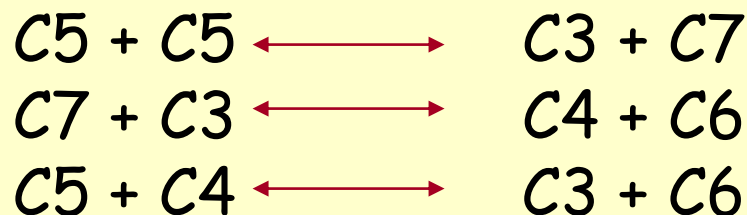
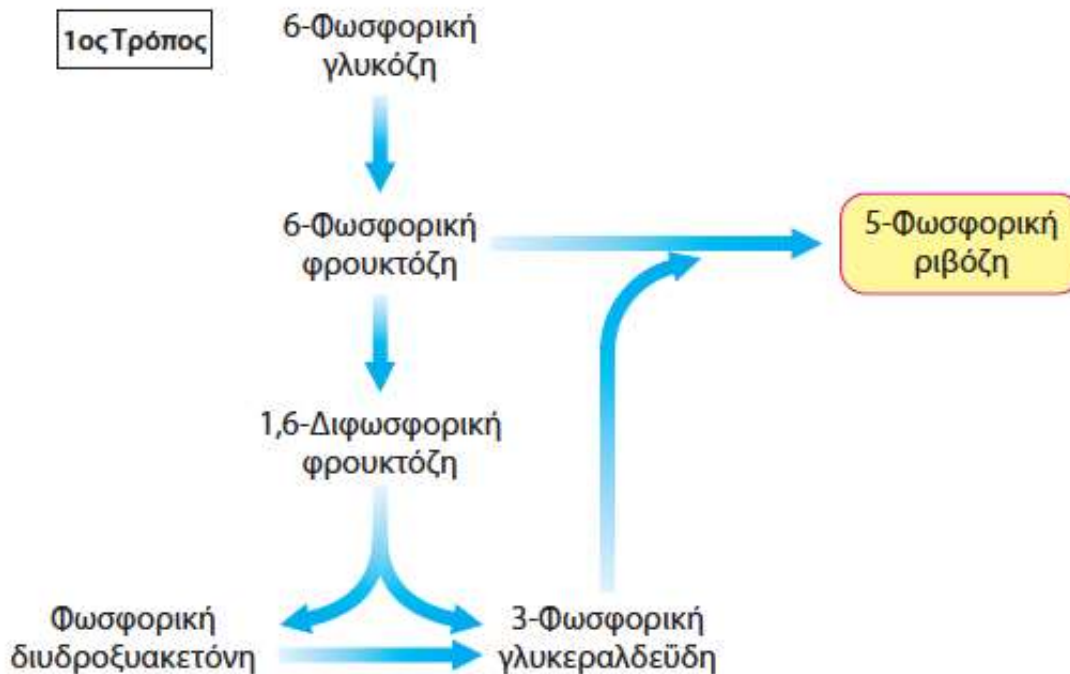
$$\text{NADP/NADPH} = \sim 0.014$$
$$\text{NAD}^+/\text{NADH} = \sim 700$$

Συντονισμός της πορείας των φωσφορικών πεντοζών με την γλυκόλυση

Η ροή της 6-φωσφορικής γλυκόζης εξαρτάται από τις ανάγκες του κυττάρου σε **NADPH**, **5-φωσφορική ριβόζη** και **ATP**.

NADP/NADPH = ~ 0.014
NAD⁺/NADH = ~700

1. Ανάγκη για **5-φωσφορική ριβόζη** αλλά όχι NADPH

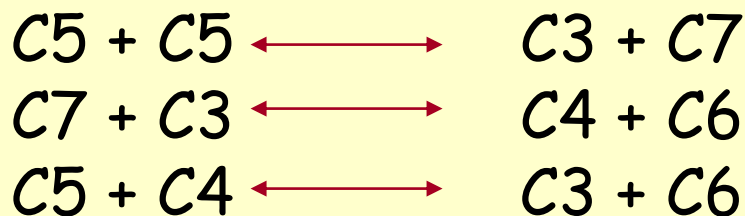
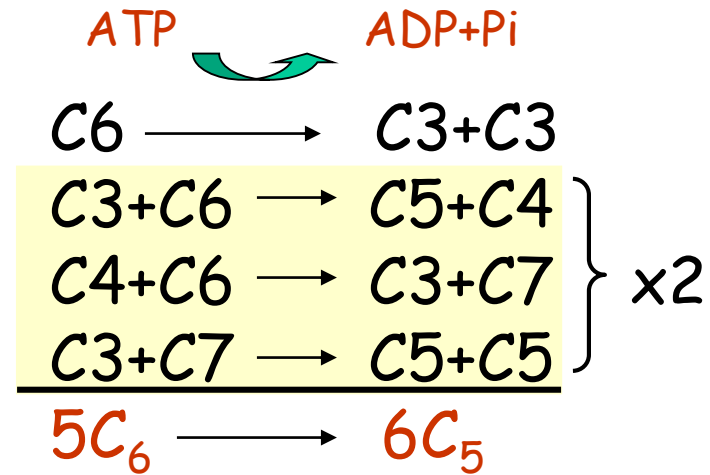
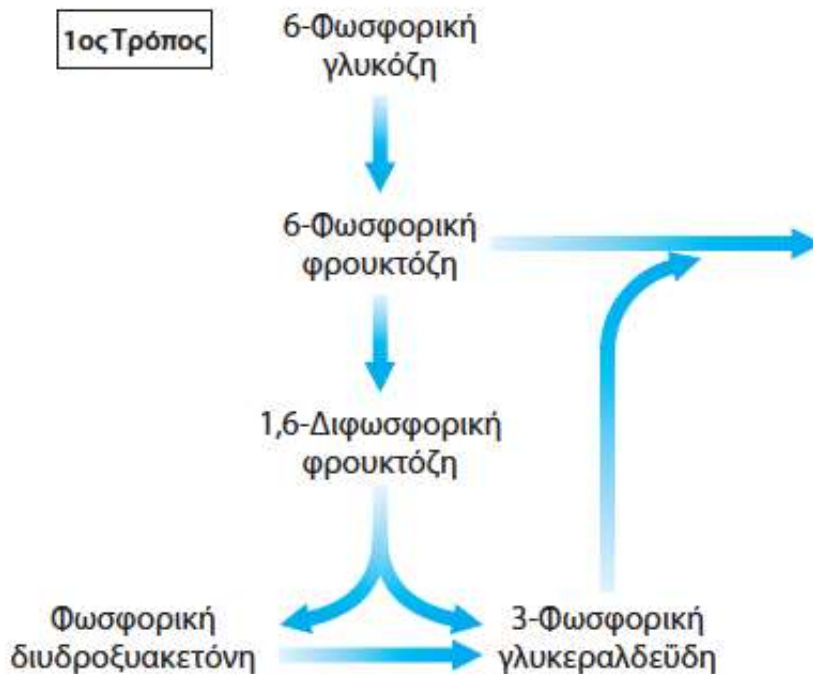


Συντονισμός της πορείας των φωσφορικών πεντοζών με την γλυκόλυση

Η ροή της 6-φωσφορικής γλυκόζης εξαρτάται από τις ανάγκες του κυττάρου σε **NADPH**, **5-φωσφορική ριβόζη** και **ATP**.

NADP/NADPH = ~ 0.014
NAD⁺/NADH = ~700

1. Ανάγκη για 5-φωσφορική ριβόζη αλλά όχι NADPH

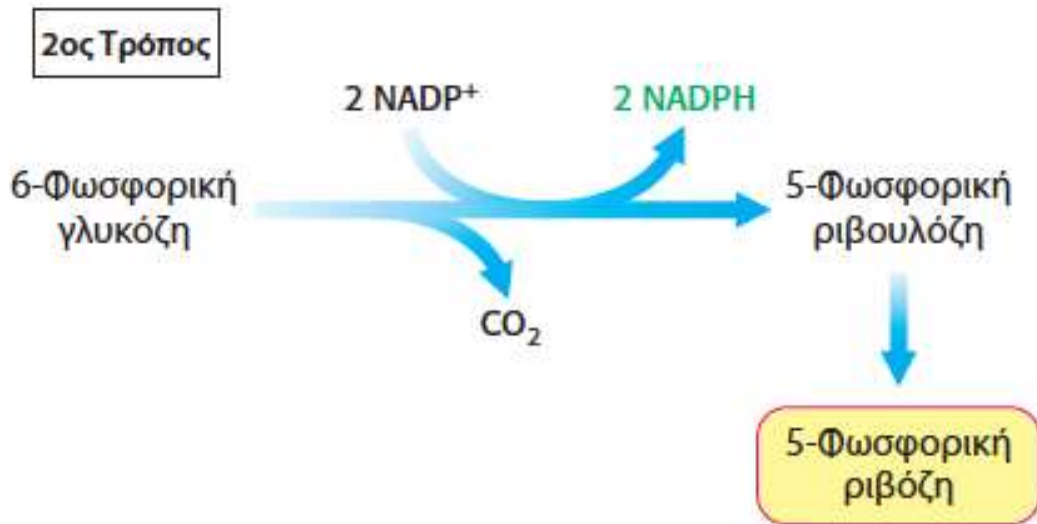


Γλυκόλυση &

Μη οξειδωτικός κλάδος:

5 γλυκόζες μετατρέπονται σε 6 ριβόζες με κατανάλωση 1 ATP

2. Ανάγκη για 5-φωσφορική ριβόζη και NADPH

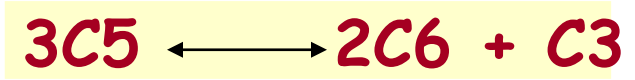
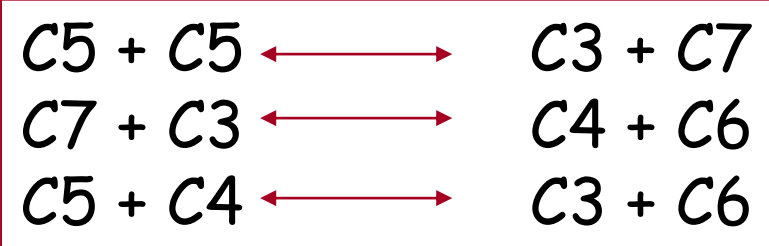
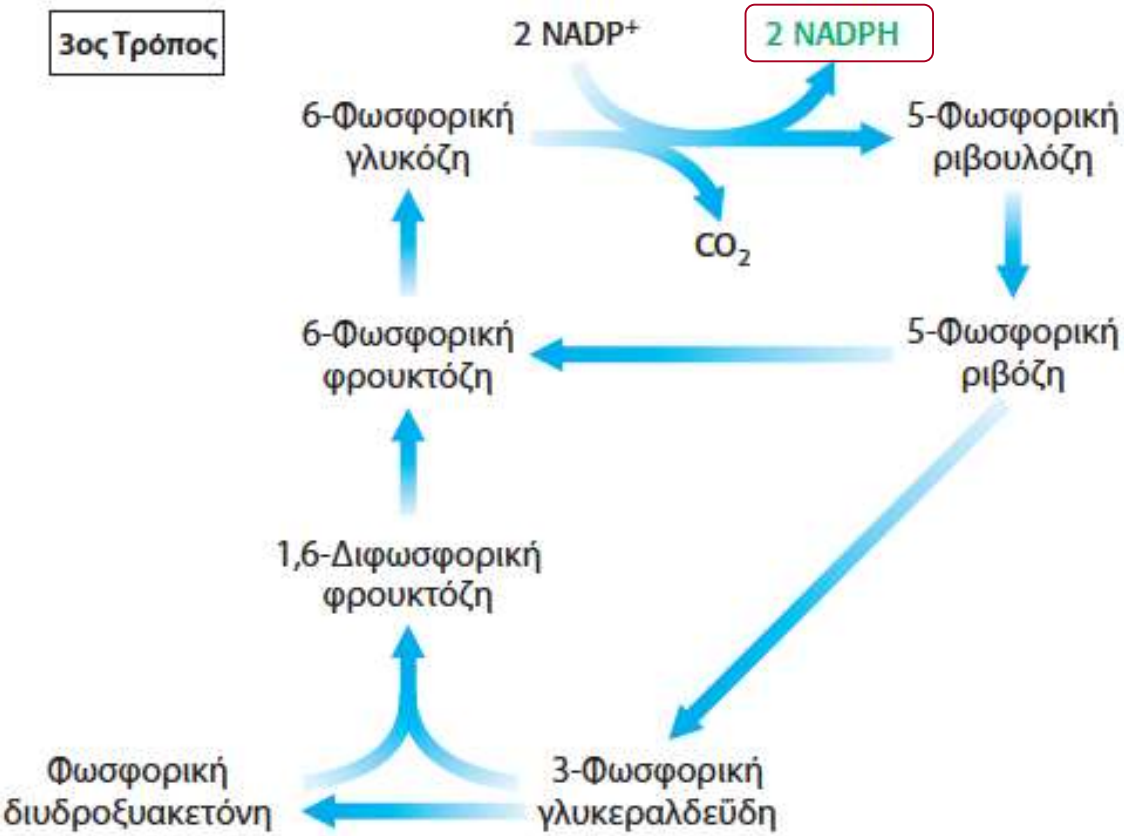


Οξειδωτικός κλάδος:

1 γλυκόζη μετατρέπεται σε 1 ριβόζη με παραγωγή 2 NADPH

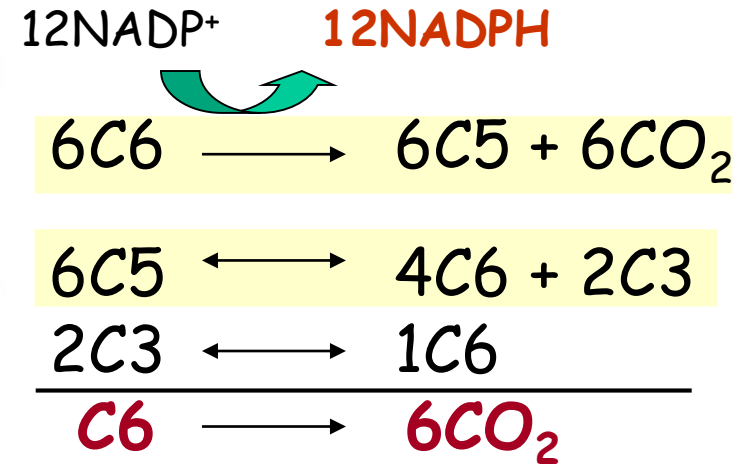
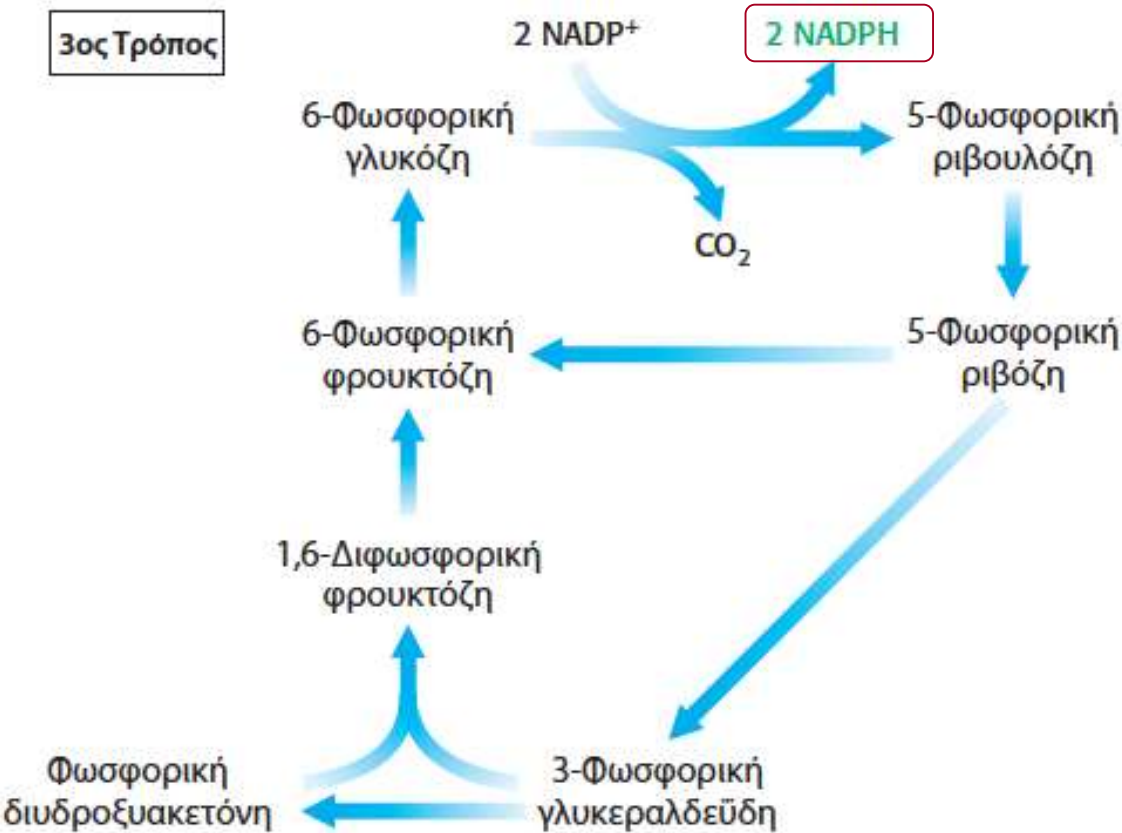
3. Ανάγκη για **NADPH** αλλά όχι 5-φωσφορική ριβόζη ούτε ATP

3ος Τρόπος

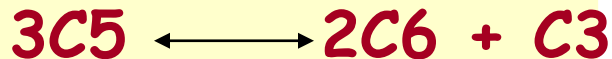
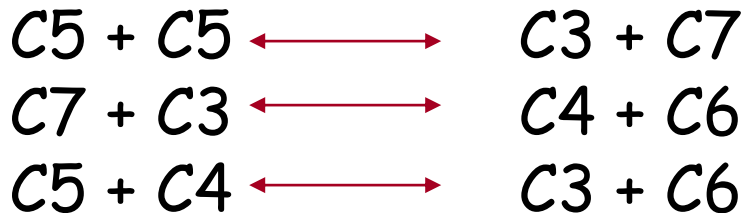


3. Ανάγκη για NADPH αλλά όχι 5-φωσφορική ριβόζη ούτε ATP

3ος Τρόπος

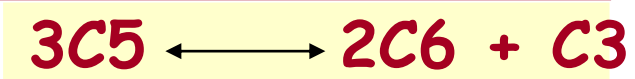
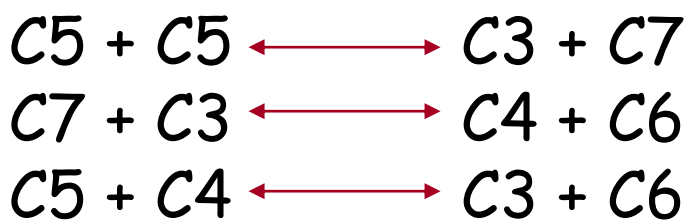
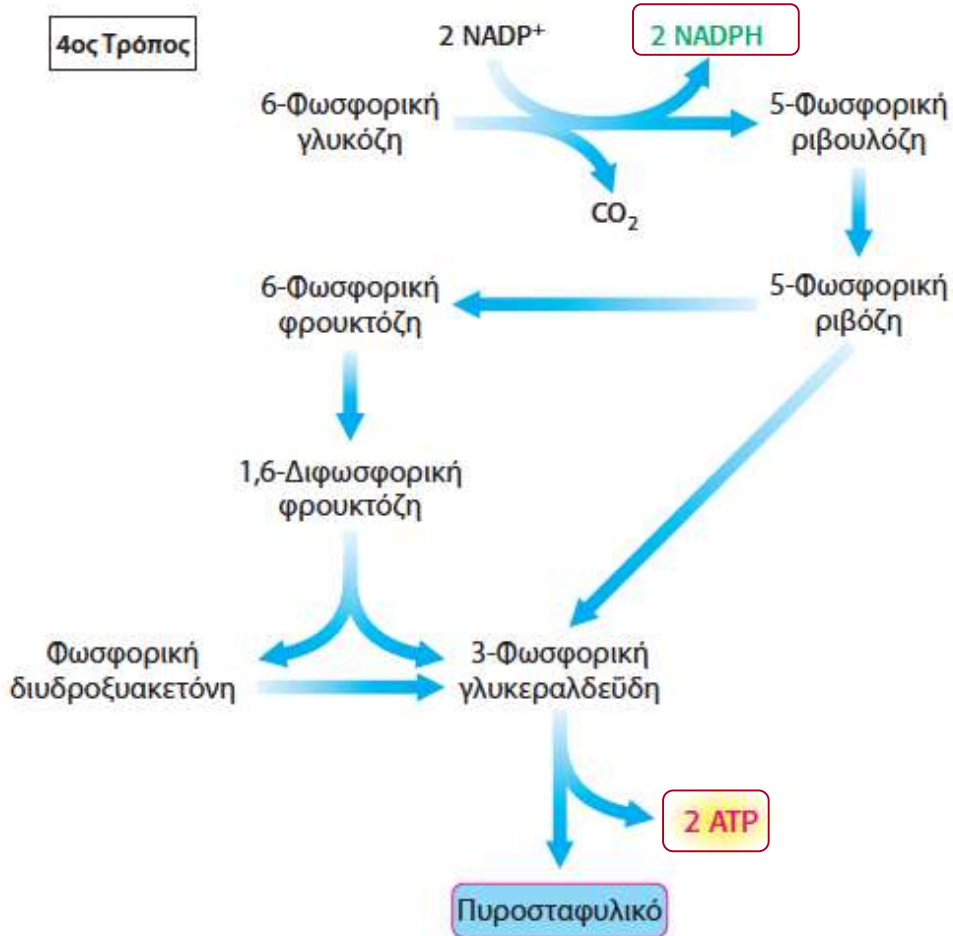


Οξειδωτικός κλάδος
& Μη οξειδωτικός κλάδος
& Γλυκονεογένεση
1 γλυκόζη οξειδώνεται
πλήρως σε CO₂ με
παραγωγή 12 NADPH



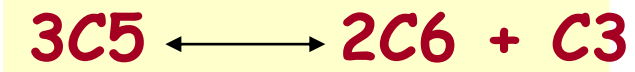
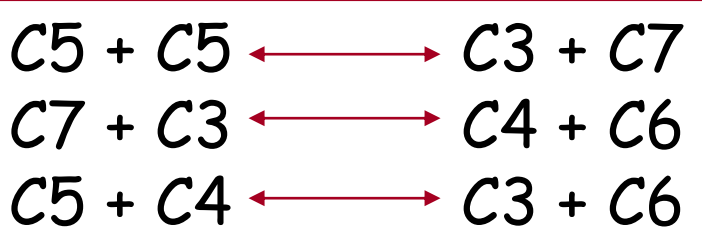
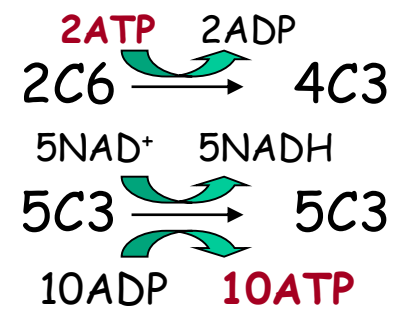
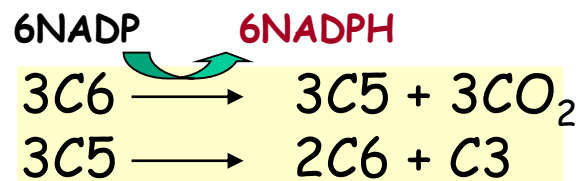
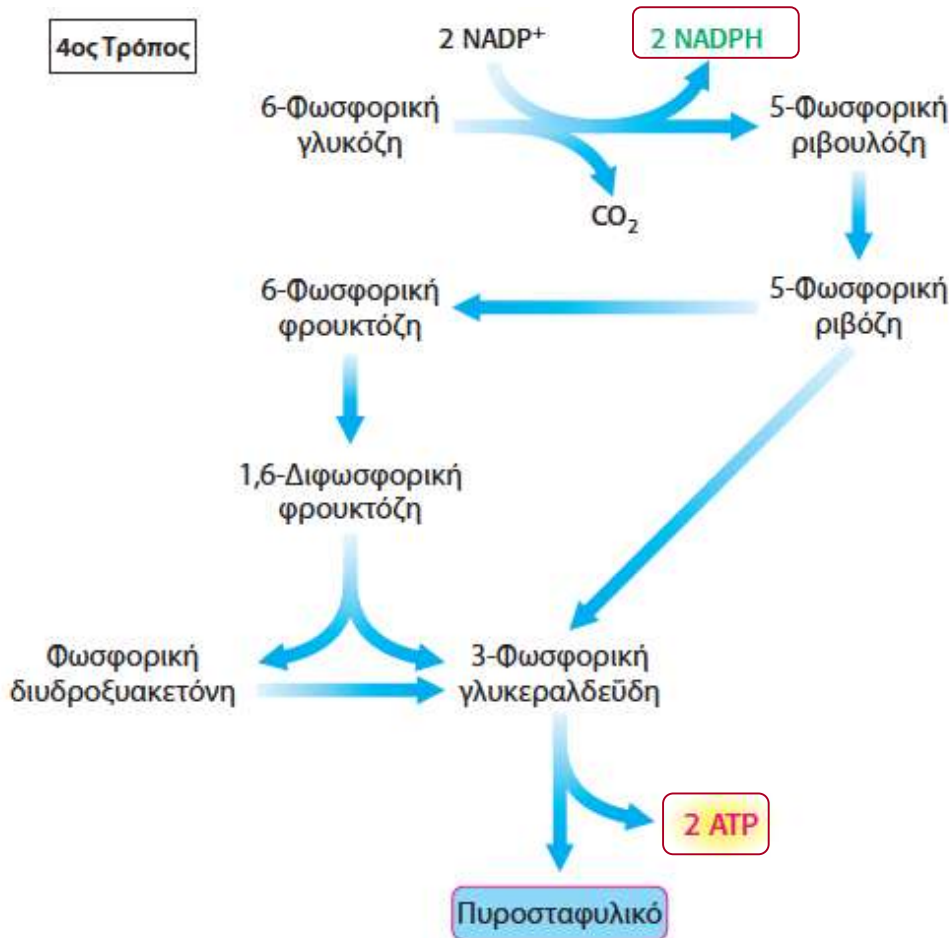
4. Ανάγκη για **NADPH** και **ATP** αλλά όχι 5-φωσφορική ριβόζη

4ος Τρόπος



4. Ανάγκη για **NADPH** και **ATP** αλλά όχι 5-φωσφορική ριβόζη

4ος Τρόπος



Οξειδωτικός κλάδος & Μη οξειδωτικός κλάδος & Γλυκόλυση

Μερική οξείδωση γλυκόζης με παραγωγή NADPH και ATP (Ουσιαστικά έχουμε γλυκόλυση με παράκαμψη προς χάριν παραγωγής NADPH)

Πίνακας 20.2 Πορείες που χρειάζονται NADPH

Σύνθεση

Βιοσύνθεση λιπαρών οξέων

Βιοσύνθεση χοληστερόλης

Βιοσύνθεση νευροδιαβιβαστών

Βιοσύνθεση νουκλεοτιδίων

Αποτοξίκωση

Αναγωγή οξειδωμένης γλουταθειόνης

Μονοοξυγονάσες κυτοχρώματος P450

Πίνακας 20.4 Ιστοί με ενεργό την πορεία των φωσφορικών πεντοζών

Ιστός	Λειτουργία
Επινεφρίδια	Σύνθεση στεροειδών
Ήπαρ	Σύνθεση λιπαρών οξέων και χοληστερόλης
Όρχεις	Σύνθεση στεροειδών
Λιπώδης ιστός	Σύνθεση λιπαρών οξέων
Ωοθήκες	Σύνθεση στεροειδών
Μαστοί	Σύνθεση λιπαρών οξέων
Ερυθροκύτταρα	Διατήρηση της ανηγμένης γλουταθειόνης

Πίνακας 20.2 Πορείες που χρειάζονται NADPH

Σύνθεση

Βιοσύνθεση λιπαρών οξέων

Βιοσύνθεση χοληστερόλης

Βιοσύνθεση νευροδιαβιβαστών

Βιοσύνθεση νουκλεοτιδίων

Αποτοξίκωση

Αναγωγή οξειδωμένης γλουταθειόνης

Μονοοξυγονάσες κυτοχρώματος P450

Πίνακας 20.4 Ιστοί με ενεργό την πορεία των φωσφορικών πεντοζών

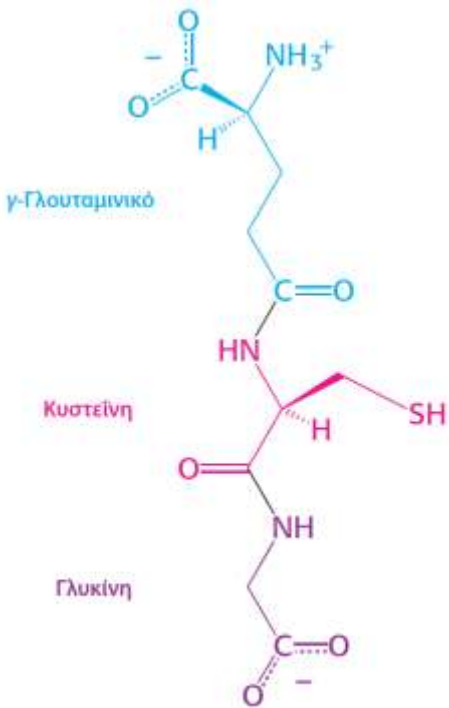
Ιστός	Λειτουργία
Επινεφρίδια	Σύνθεση στεροειδών
Ήπαρ	Σύνθεση λιπαρών οξέων και χοληστερόλης
Όρχεις	Σύνθεση στεροειδών
Λιπώδης ιστός	Σύνθεση λιπαρών οξέων
Ωοθήκες	Σύνθεση στεροειδών
Μαστοί	Σύνθεση λιπαρών οξέων
Ερυθροκύτταρα	Διατήρηση της ανηγμένης γλουταθειόνης

Αντιοξειδωτική προστασία

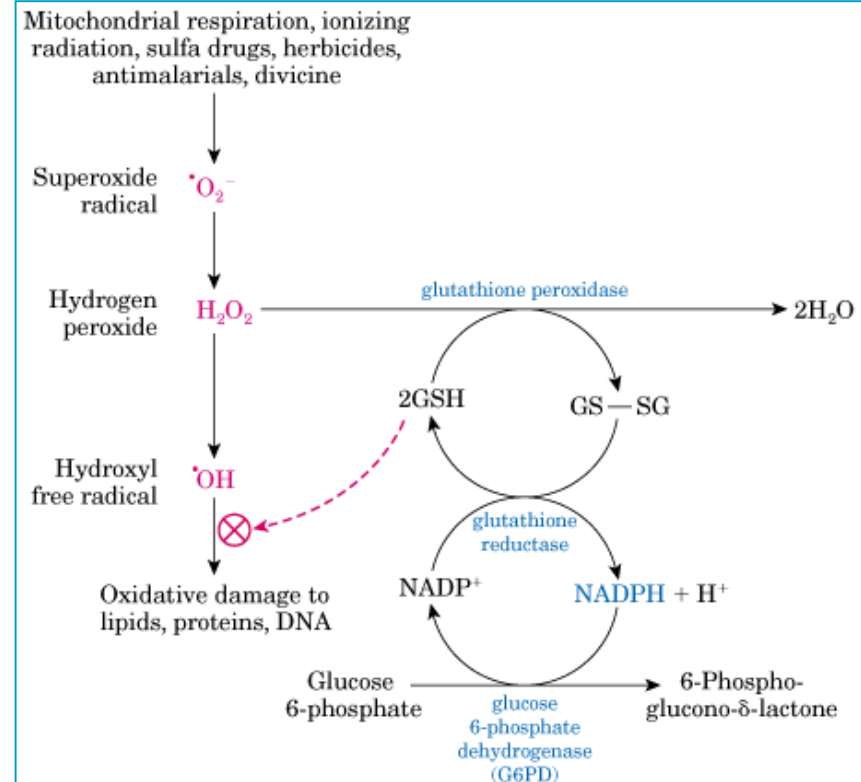
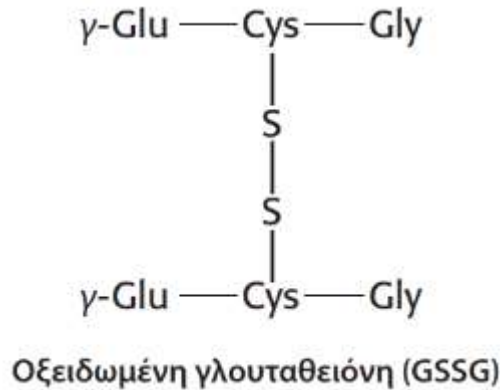
Το NADPH (άρα και η δράση της G6PD) είναι απαραίτητο για τη προστασία από το οξειδωτικό στρές (ειδικά στα ερυθροκύτταρα)



$$\frac{\text{GSH}}{\text{GSSG}} = 500$$



Γλουταθειόνη (ανηγμένη)
(γ-γλουταμιλοκυστεϊνυλογλυκίνη)



Ανεπάρκεια της αφυδρογονάσης της 6-φωσφορικής γλυκόζης (G6PD)

❖ Η ατελής λειτουργία της οδού των φωσφορικών πεντοζών στερεί από τα κύτταρα το NADPH και μειώνει την προστασία από το οξειδωτικό στρες.

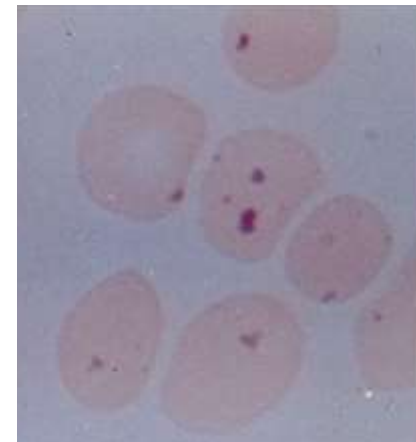
❖ Όταν η ανεπάρκεια της G6PD (η πιο κοινή ενζυμοπάθεια, υπολειπόμενη φυλοσύνδετη) συνδυασθεί με οξειδωτικό στρες λόγω **μόλυνσης, φλεγμονής, λήψης φαρμάκων** (αντιελονοσιακά, παμακίνη) ή **βρώσης κουκιών** (βικίνη, κυαμισμός, favism, Πυθαγόρας) προκαλείται **(φαρμακοεπαγόμενη)**

αιμολυτική αναιμία:

οξείδωση αιμοσφαιρίνης (σωμάτια Heinz), διάλυση των αιμοσφαιρίων → **μειωμένη αιμοσφαιρίνη & αιματοκρίτης, ίκτερος, μαύρα ούρα, νεφρική ανεπάρκεια.**

❖ Η ανεπάρκεια της G6PD προστατεύει από την ελονοσία που προκαλεί το *Plasmodium falciparum*.

❖ Γενετική βάση των άτυπων αντιδράσεων στα φάρμακα



Σωμάτια Heinz



Ινστιτούτο Υγείας του Παιδιού

www.ich.gr

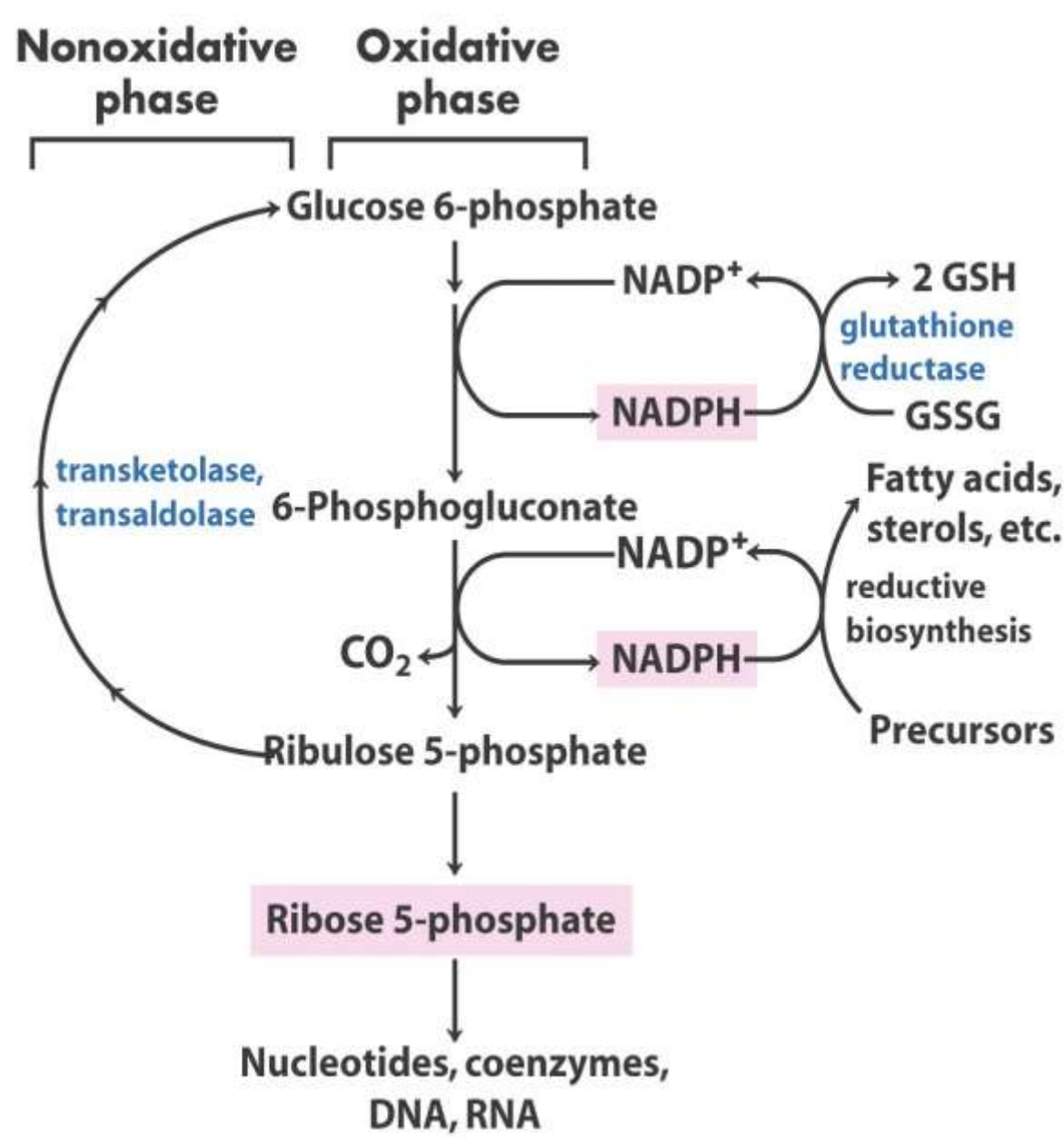


Η Διεύθυνση Ενδογενών Μεταβολικών Νοσημάτων είναι υπεύθυνη για τον **Πανελλήνιο Προληπτικό Ανιχνευτικό Νεογνικό Έλεγχο** για τα σπάνια νοσήματα φαιυλκετονουρία, γαλακτοζαιμία και την ανεπάρκεια του ερυθροκυτταρικού ενζύμου **G6PD** (συχνό νόσημα) νεογνών.

Με το πρόγραμμα αυτό ελέγχονται περίπου 100-120.000 νεογέννητα κάθε χρόνο για την έγκαιρη διάγνωση, ορισμένων νοσημάτων με σοβαρές επιπτώσεις, οι οποίες μπορούν να αποφευχθούν αν τα νεογέννητα εντοπιστούν και αντιμετωπιστούν άμεσα.

Ανεπάρκεια ενζύμου G6PD: Η έλλειψη της αφυδρογονάσης της 6-φωσφορικής γλυκόζης (G6PD) είναι από τις πιο συχνές ενζυμοπάθειες του πλανήτη, επηρεάζοντας περίπου **400 εκατομμύρια άτομα** στον κόσμο. Η έλλειψη του συγκεκριμένου ενζύμου είναι πολύ συχνή και στην Ελλάδα, όπου υπολογίζεται ότι περίπου το **5% του πληθυσμού** παρουσιάζει ολική ή μερική έλλειψη του ενζύμου, με τους άνδρες να παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα. Η **Θεσσαλία** -και κυρίως η δυτική Θεσσαλία- παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη συχνότητα, με το ποσοστό ολικής ή μερικής έλλειψης να **ξεπερνά το 10%**, ενώ πιθανολογείται ότι η αιτία της μεγάλης συχνότητας συνδέεται με την παρουσία ελών στην περιοχή.

ΣΥΝΟΨΗ: Η οδός των φωσφορικών πεντοζών



- Σημασία (NADPH, ριβόζη)
- Οξειδωτικός κλάδος
- Μη-οξειδωτικός κλάδος
- Σύνδρομο Wernicke-Korsakoff
- Συντονισμός με γλυκόλυση
- Αντιοξειδωτική προστασία
- Ανεπάρκεια G6PD

- Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;
- A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.
 - B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.
 - Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.
 - Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.
 - E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Η γλυκόζη μπορεί να οξειδωθεί πλήρως σε CO_2 με ταυτόχρονη παραγωγή NADPH

A. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου και του μη οξειδωτικού κλάδου της οδού των φωσφορικών πεντοζών (ΟΦΠ)

B. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης

Γ. με συνδυασμό του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης

Δ. μέσω μόνο του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ

E. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκονεογένεσης

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Η γλυκόζη μπορεί να οξειδωθεί πλήρως σε CO_2 με ταυτόχρονη παραγωγή NADPH

A. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου και του μη οξειδωτικού κλάδου της οδού των φωσφορικών πεντοζών (ΟΦΠ) **→ NADPH + C6 + C3**

B. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης

Γ. με συνδυασμό του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης

Δ. μέσω μόνο του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ

E. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκονεογένεσης

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Η γλυκόζη μπορεί να οξειδωθεί πλήρως σε CO_2 με ταυτόχρονη παραγωγή NADPH

A. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου και του μη οξειδωτικού κλάδου της οδού των φωσφορικών πεντοζών (ΟΦΠ) **→ NADPH + C6 + C3**

B. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ NADPH + pyruvate + ATP**

Γ. με συνδυασμό του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης

Δ. μέσω μόνο του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ

E. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκονεογένεσης

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Η γλυκόζη μπορεί να οξειδωθεί πλήρως σε CO_2 με ταυτόχρονη παραγωγή NADPH

A. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου και του μη οξειδωτικού κλάδου της οδού των φωσφορικών πεντοζών (ΟΦΠ) **→ NADPH + C6 + C3**

B. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ NADPH + pyruvate + ATP**

Γ. με συνδυασμό του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ C5**

Δ. μέσω μόνο του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ

E. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκονεογένεσης

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Η γλυκόζη μπορεί να οξειδωθεί πλήρως σε CO_2 με ταυτόχρονη παραγωγή NADPH

A. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου και του μη οξειδωτικού κλάδου της οδού των φωσφορικών πεντοζών (ΟΦΠ) **→ NADPH + C6 + C3**

B. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ NADPH + pyruvate + ATP**

Γ. με συνδυασμό του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ C5**

Δ. μέσω μόνο του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ **→ C5 + NADPH**

E. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκονεογένεσης

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Η γλυκόζη μπορεί να οξειδωθεί πλήρως σε CO_2 με ταυτόχρονη παραγωγή NADPH

A. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου και του μη οξειδωτικού κλάδου της οδού των φωσφορικών πεντοζών (ΟΦΠ) **→ NADPH + C6 + C3**

B. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ NADPH + pyruvate + ATP**

Γ. με συνδυασμό του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ C5**

Δ. μέσω μόνο του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ **→ C5 + NADPH**

E. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκονεογένεσης **→ CO_2 + NADPH**

Τι **δεν** ισχύει σχετικά με την αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης;

A. Καταλύει την πρώτη αντίδραση στην οδό των φωσφορικών πεντοζών.

B. Οξειδώνει την 6-φωσφορική γλυκόζη.

Γ. Η αυξημένη δράση της προκαλεί αιμολυτική αναιμία.

Δ. Ενέχεται σε συχνή ενζυμοπάθεια.

E. Η ανεπάρκεια της προστατεύει από την ελονοσία.

Η γλυκόζη μπορεί να οξειδωθεί πλήρως σε CO_2 με ταυτόχρονη παραγωγή NADPH

A. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου και του μη οξειδωτικού κλάδου της οδού των φωσφορικών πεντοζών (ΟΦΠ) **→ NADPH + C6 + C3**

B. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ NADPH + pyruvate + ATP**

Γ. με συνδυασμό του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκόλυσης **→ C5**

Δ. μέσω μόνο του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ **→ C5 + NADPH**

Ε. με συνδυασμό του οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ, του μη οξειδωτικού κλάδου της ΟΦΠ και της γλυκονεογένεσης **→ CO_2 + NADPH**