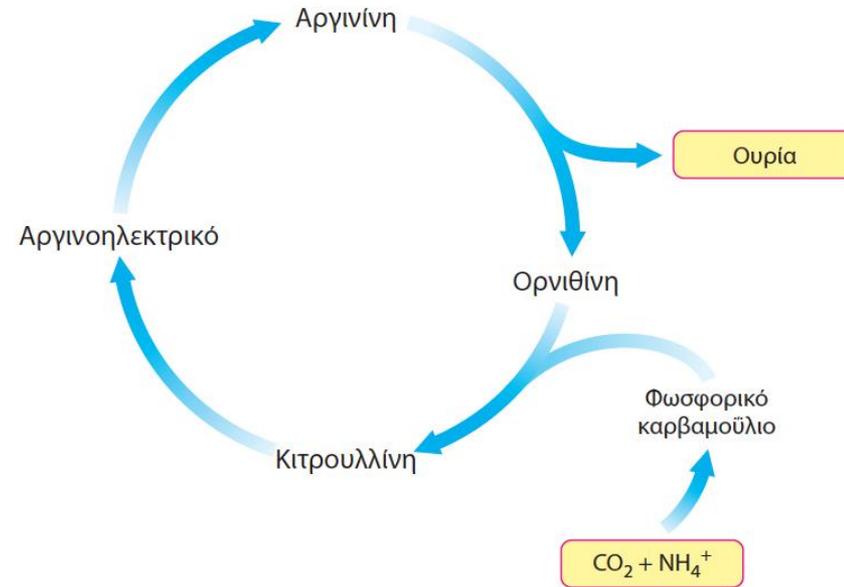
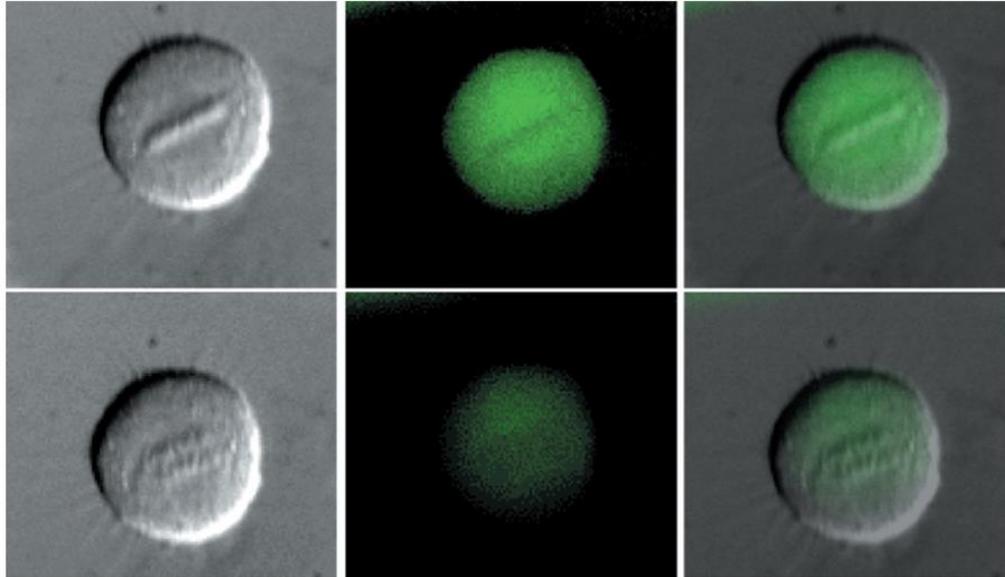


Η ανακύκλωση των πρωτεϊνών και ο καταβολισμός των αμινοξέων



Αποικοδόμηση της κυκλίνης B. Αυτή η σημαντική για τη ρύθμιση του κυτταρικού κύκλου πρωτεΐνη είναι ορατή όπως οι πράσινες περιοχές στις παραπάνω εικόνες (η πρωτεΐνη συντήχθηκε με την πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη). Η κυκλίνη B παίζει κυρίαρχο ρόλο κατά τη μετάφαση (επάνω), αλλά αποικοδομείται στην ανάφαση (κάτω) για να εμποδίσει την πρόωρη έναρξη ενός νέου κυτταρικού κύκλου. Ένα μεγάλο σύμπλεγμα πρωτεασών, που ονομάζεται πρωτεάσωμα, πέπτει τις πρωτεΐνες σε πεπτίδια τα οποία στη συνέχεια αποικοδομούνται σε αμινοξέα. Αυτά είτε επαναχρησιμοποιούνται είτε υποβάλλονται σε περαιτέρω επεξεργασία έτσι ώστε οι ανθρακικοί σκελετοί να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμο ή ως δομικά συστατικά. Τα απελευθερούμενα αμινοξέα μετατρέπονται σε ουρία για έκκριση με τον κύκλο της ουρίας. [(Αριστερά) Ευγενική προσφορά Jonathan Pines, University of Cambridge, Wellcome/CRC Institute of Cancer and Developmental Biology.]

ΚΑΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ ΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

πρωτεΐνάσες ή πρωτεάσες ή πεπτιδάσες
υδρολυτικά ένζυμα

ενδοπεπτιδάσες

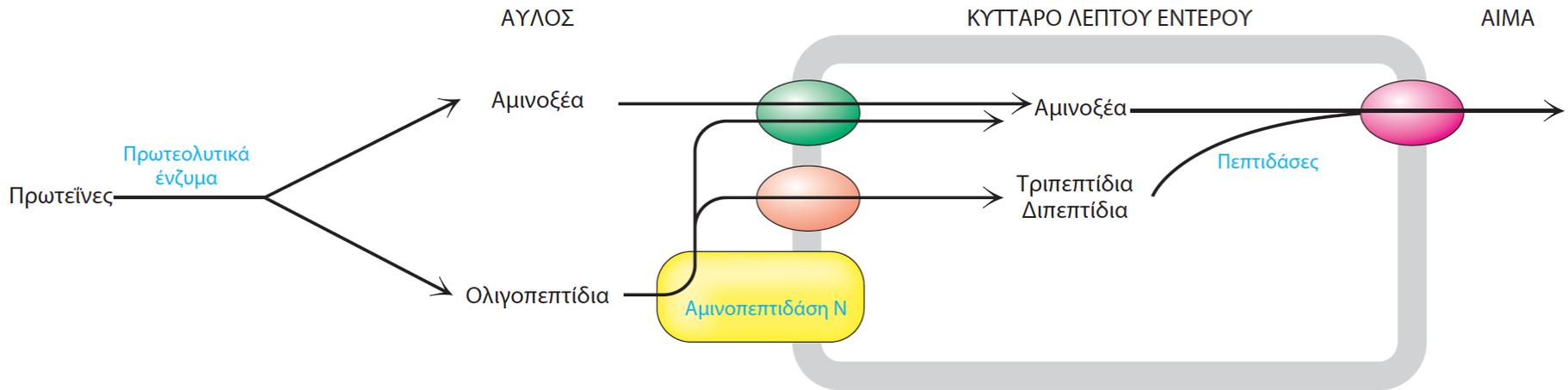
υδρολύουν πεπτιδικούς δεσμούς στο εσωτερικό της πρωτεΐνης. Προϊόν υδρόλυσης δυο μικρότερες πρωτεΐνες

εξωπεπτιδάσες.

υδρολύουν πεπτιδικούς δεσμούς κοντά στα εξωτερικά άκρα της πρωτεΐνης. Προϊόν υδρόλυσης μια μικρότερη πρωτεΐνη και ένα ολιγοπεπτίδιο

Εξωκυττάρια η πέψη των πρωτεϊνών ξεκινάει στο στομάχι. Ενδοκυττάρια αποικοδόμηση των πρωτεϊνών οφείλεται κυρίως σε όξινες πρωτεΐνάσες, που εντοπίζονται στα λυσοσώματα

Οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται άμεσα, δεν αποθηκεύονται ούτε απεκκρίνονται



Όλες οι πρωτεΐνες δεν αποικοδομούνται με τον ίδιο ρυθμό

Οι πρωτεΐνες πρέπει να καταστραφούν κατά τη διάρκεια του κυτταρικού κύκλου

(ακόμα και εάν κάποια ένζυμα απενεργοποιηθούν θα ήταν χρησιμότερο να χρησιμοποιηθούν τα αμινοξέα για άλλες απαραίτητες πρωτεΐνες) **Ανακύκλωση**

Μερικές πρωτεΐνες χρειάζονται για συγκεκριμένο χρόνο και χρονική στιγμή στη ζωή των κυττάρων

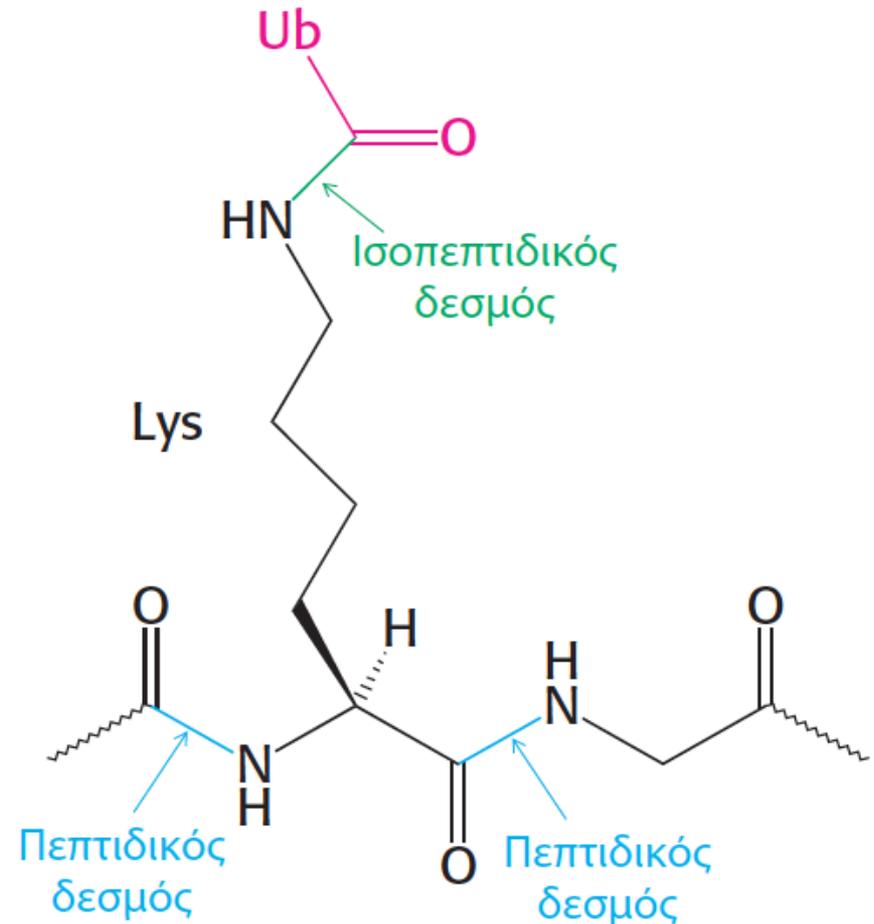
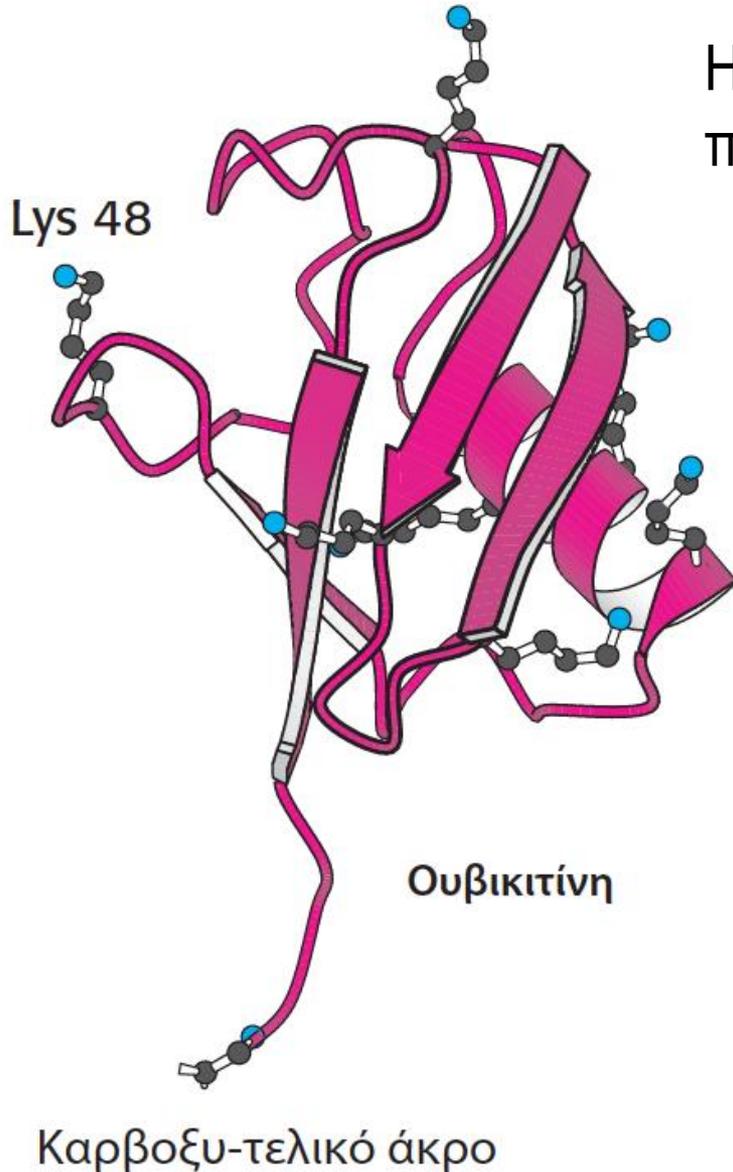
Οι πρωτεΐνες μπορεί να αλλάξουν (βλάβη, οξειδωση, μετουσίωση) με την πάροδο του χρόνου

Αποκαρβοξυλάση της ορνιθίνης 11 λεπτά !

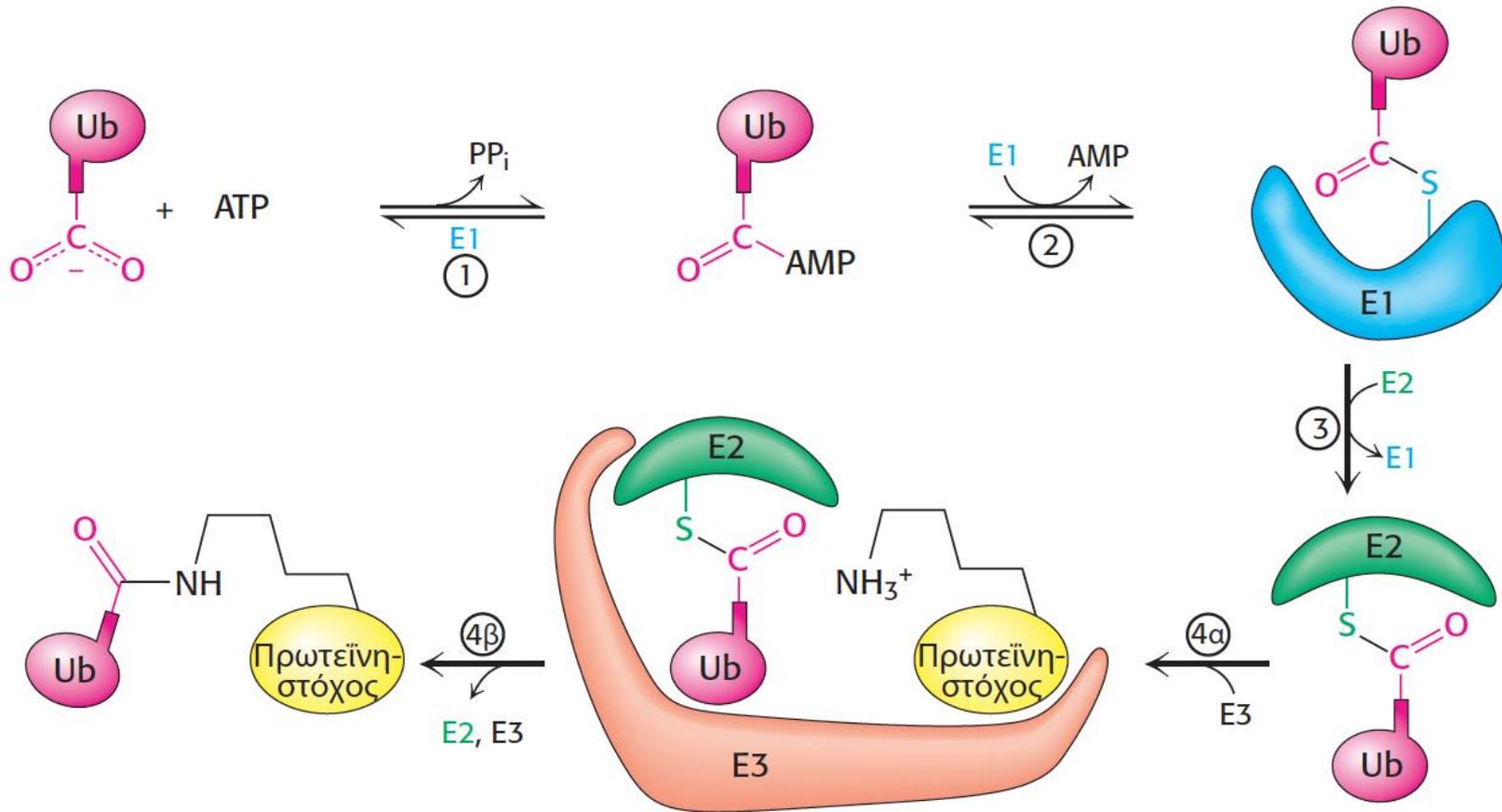
Σύνθεση πολυαμινών → ανάπτυξη και διαφοροποίηση

Το κύτταρο διακρίνει πρωτεΐνες για καταστροφή “Φιλί του θανάτου” από την Ουβικιτίνη (Ub)

Η Ub συνδέεται με την ε-αμινική ομάδα των πρωτεϊνών που προορίζονται για αποικοδόμηση



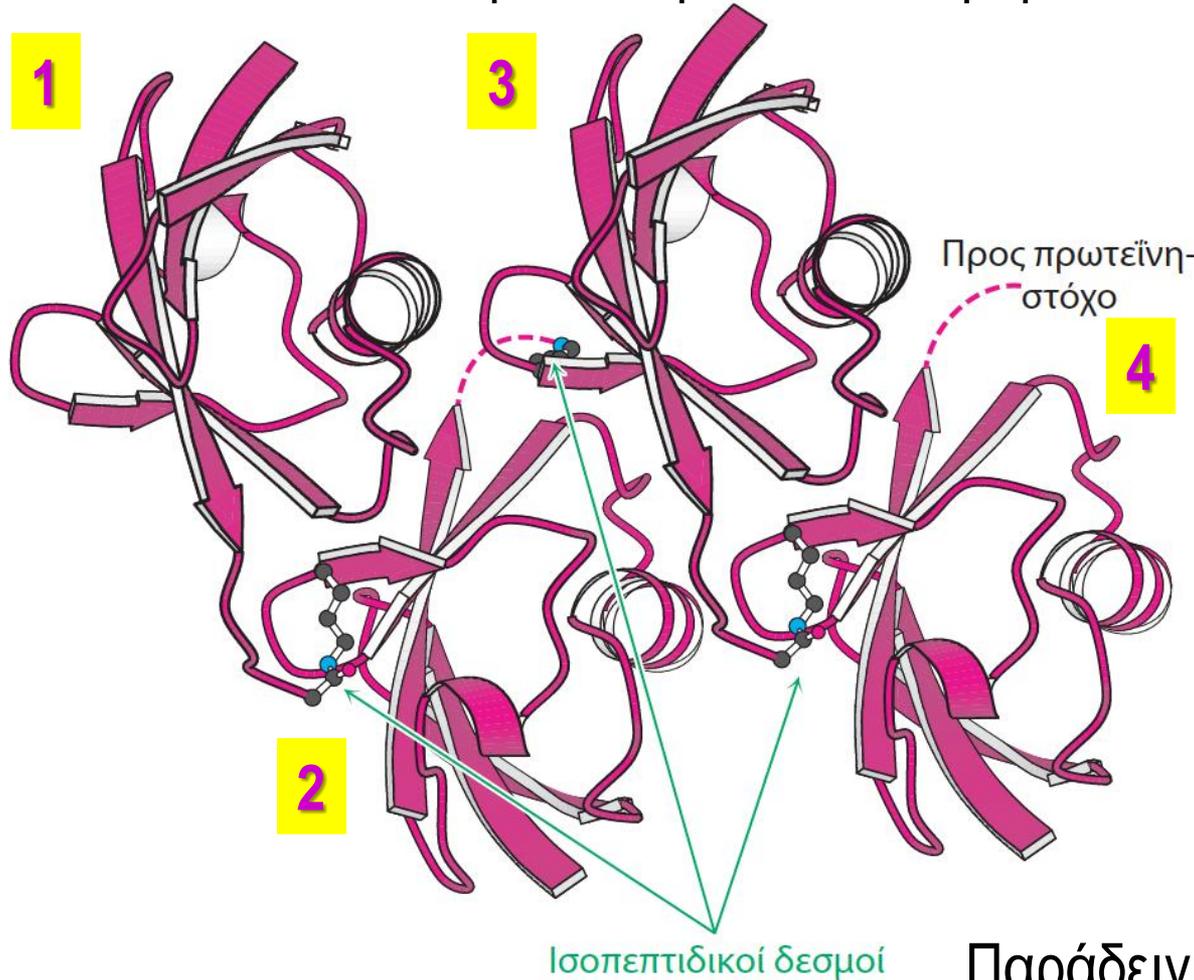
Το σύστημα σηματοδότησης καταστροφής πρωτεϊνών αποτελείται από **E1** ενεργοποίηση **Ub**, **E2** πρόσδεση **Ub**, **E3** λιγάση της **Ub**



Μικρός αριθμός ενζύμων **E1**, πολλά διακριτά **E2** και **E3**,

Περισσότερα από ένα μόρια Ub μπορούν προστεθούν

Θετικά



Ισχυροποιείται το σήμα για καταστροφή $4 > 3 > 2$
Δεν χάνεται το σήμα εάν κοπεί ένα μόριο Ub (0 Ub δείχνει διαφορετικό μόριο από 1 Ub)

Παράδειγμα ισχυροποίησης σήματος



περισσότερα μόρια P οδηγούνται σε καταστροφή (στον ίδιο χρόνο) από την S
S=πρωτεόσωμα P=πρωτεΐνη στόχος

Η Ub προσδιορίζει ποια πρωτεΐνη θα οδηγηθεί προς καταστροφή

Ο χρόνος καταστροφής της συγκεκριμένης πρωτεΐνης εξαρτάται από το αμινο-τελικό άκρο

Πίνακας 23.2 Εξάρτηση του χρόνου ημιζωής των πρωτεϊνών του κυτταροπλάσματος ζύμης από τη φύση των αμινο-τελικών καταλοίπων τους

Χρόνος ημιζωής

Κατάλοιπα υψηλής σταθεροποίησης ($t_{1/2} > 20$ ώρες)

Ala	Cys	Gly	Met
Pro	Ser	Thr	Val

Κατάλοιπα εγγενούς αποσταθεροποίησης ($t_{1/2} = 2$ έως 30 λεπτά)

Arg	His	Ile	Leu
Lys	Phe	Trp	Tyr

Κατάλοιπα σταθεροποίησης μετά από χημική τροποποίηση ($t_{1/2} = 3$ έως 30 λεπτά)

Asn	Asp	Gln	Glu
-----	-----	-----	-----

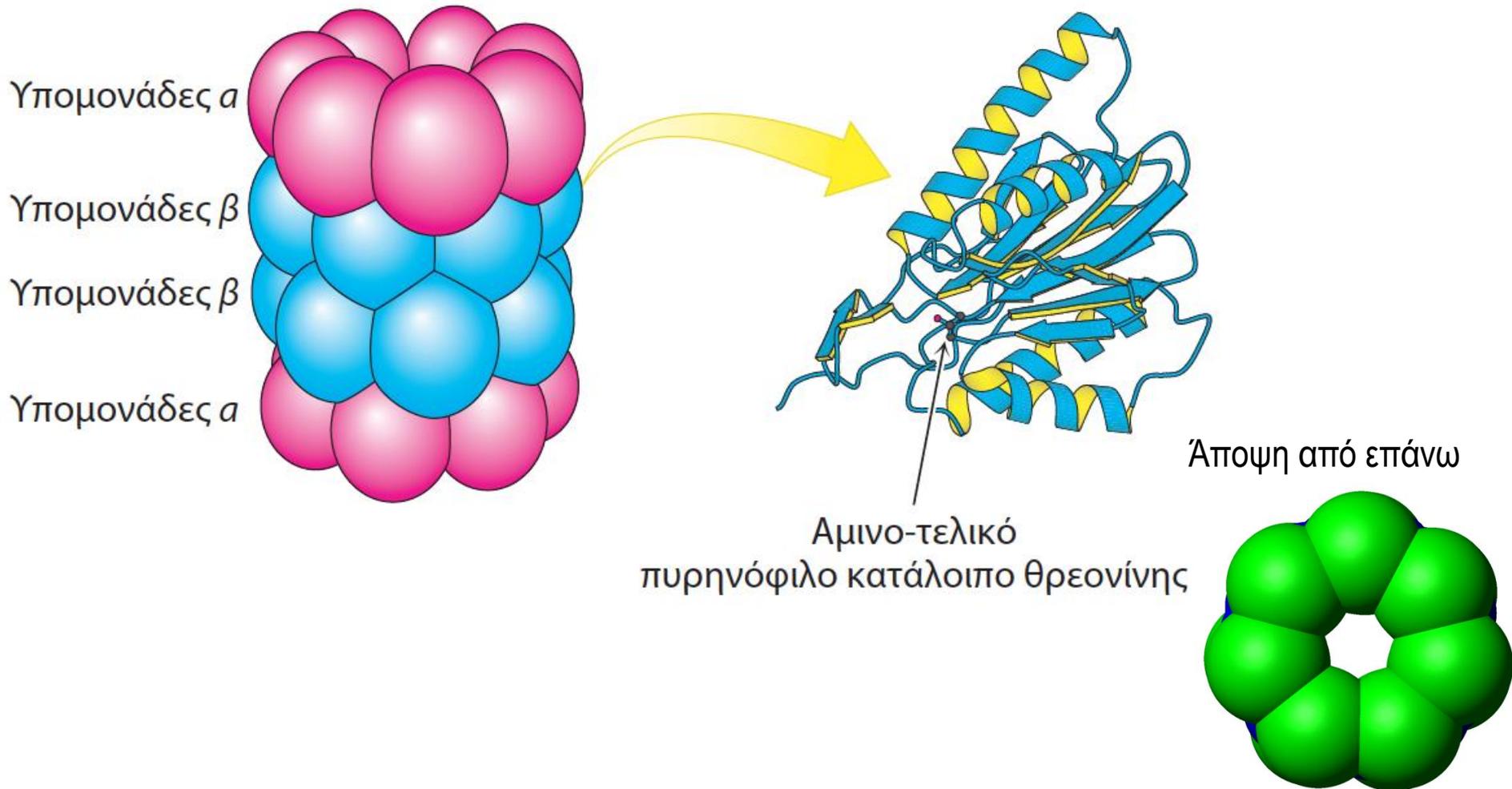
Πηγή: J. W. Tobias, T. E. Schrader, G. Rocard, and A. Varshavsky. *Science* 254(1991):1374–1377.

Ιός HPV (θηλώματος του ανθρώπου) → πρωτεΐνη (ενεργοποίηση) E3 → ουβικιτινυλίωση p53 (αποκατάσταση DNA)

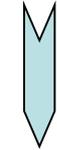
Ενεργοποίηση E3 σε περισσότερο από 90% περιπτώσεων των καρκινωμάτων του τραχήλου της μήτρας

Στην συνέχεια οι σημασμένες πρωτεΐνες οδηγούνται στο πρωτεόσωμα (εκτελεστής)

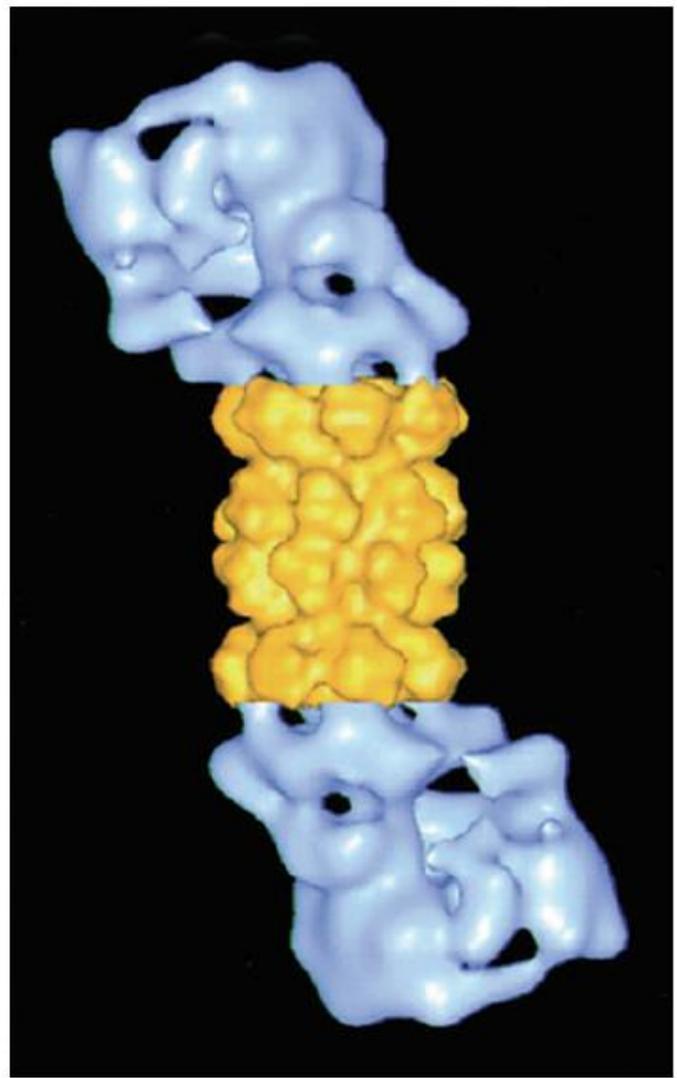
Το **πρωτεόσωμα** 20S (επίπεδο ηλεκτ. μικροσκοπίου) αποτελείται: 28 ομόλογες υπομονάδες (α κόκκινο, β μπλέ) δομή σαν βαρέλι 700 kd) αποτελείται από ενεργό κέντρο στις υπομονάδες β κοντά στα κατάλοιπα θρεονίνης)



Ενεργοποιητές Πρωτεοσώματος



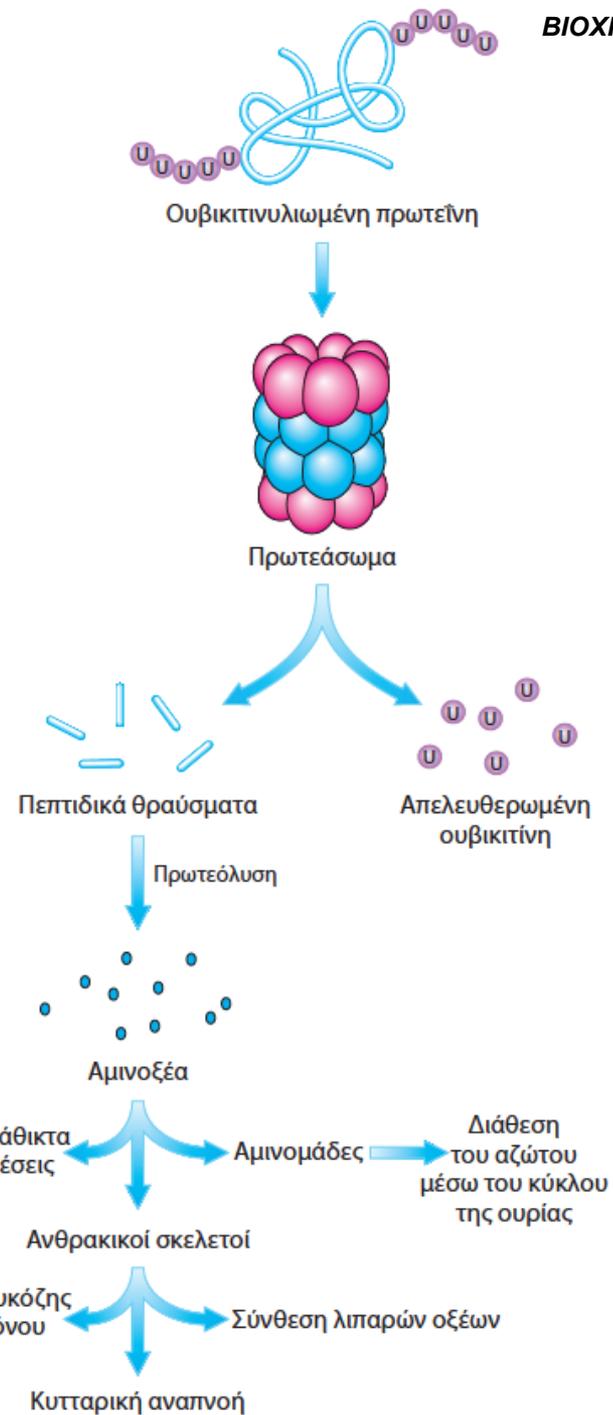
Αποδόμηση κολλαγόνου
(προϊόντα αντιγήρανσης)



Κάλυμμα 19S
Πρωτεάσωμα 20S
Κάλυμμα 19S

- Ένα κάλυμμα 19S σε κάθε άκρο του πρωτεοσώματος
- Ελέγχει την είσοδο των υποστρωμάτων
 - ξετυλίγει το υπόστρωμα
 - απομακρύνει την ουβικιτίνη

Εικόνα 23.7 Το πρωτεάσωμα και άλλες πρωτεάσες παράγουν ελεύθερα αμινοξέα. Οι ουβικιτινυλιωμένες πρωτεΐνες υποβάλλονται σε επεξεργασία για την παραγωγή πεπτιδίων, από τα οποία ακολούθως απελευθερώνεται η ουβικιτίνη και ανακυκλώνεται. Τα πεπτίδια στη συνέχεια πέπτονται περαιτέρω προς απόδοση ελεύθερων αμινοξέων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιοσυνθετικές αντιδράσεις, κυρίως στη σύνθεση πρωτεϊνών. Εναλλακτικά, η αμινομάδα μπορεί να απομακρυνθεί και να μετατραπεί σε ουρία (Υποκεφάλαιο 23.4) και ο ανθρακικός σκελετός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνθεση υδατανθράκων ή λιπών ή να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως καύσιμο της κυτταρικής αναπνοής.



Πίνακας 23.3 Διεργασίες που ρυθμίζονται με αποικοδόμηση πρωτεΐνης

Μεταγραφή γονιδίων

Εξέλιξη κυτταρικού κύκλου

Σχηματισμός οργάνων

Κιρκαδικοί ρυθμοί

Φλεγμονώδης απόκριση

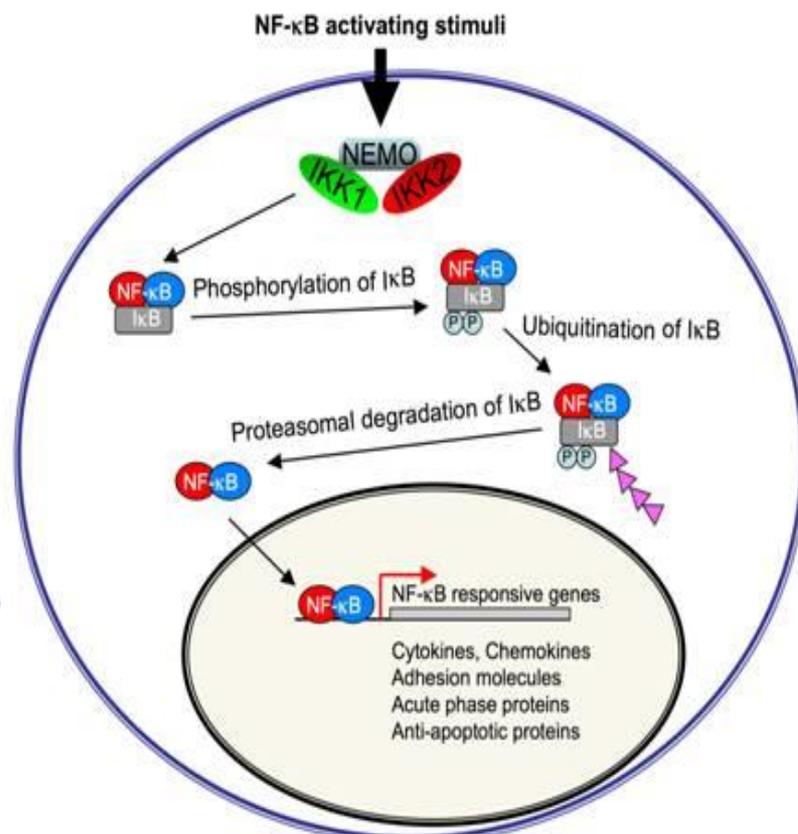
Καταστολή όγκου

Μεταβολισμός χοληστερόλης

Επεξεργασία αντιγόνου

Η φωσφορυλίωση δημιουργεί μια θέση δέσμευσης για το E3

Για τη δράση ενός μηχανισμού απαιτεί πολλές φορές την αποικοδόμηση μιας πρωτεΐνης όπως η **φλεγμονώδης απόκριση** από τον μεταγραφικό παράγοντα NF-κB προχωρά αφού αποικοδομηθεί ο αναστολέας του I-κB



Καταβολισμός Αμινοξέων

Ενεργειακή αξιοποίηση των αμινοξέων
Ενσωμάτωση του άνθρακα σκελετός των αμινοξέων

απόσπαση της αμινομάδας (απαμίνωση)
τρανσαμίνωση η οξειδωτική απαμίνωση
(στα θηλαστικά στο ήπαρ)

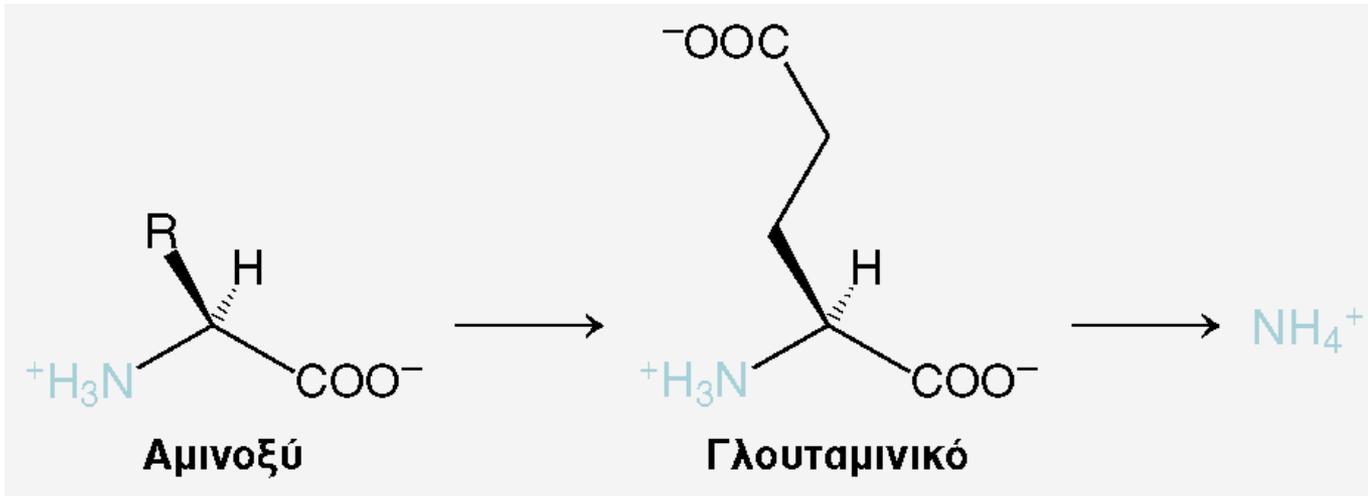
γλυκολυτική οδός

κύκλος του Krebs

Η αμινική ομάδα απομακρύνεται αφού δεν υπάρχουν πορείες μεταγωγής ενέργειας για αζωτούχες ενώσεις (ενώ η αμινική $-NH_2$ ομάδα χημικά μπορεί να οξειδωθεί σε $-NO_3$)

Καταβολισμός Αμινοξέων

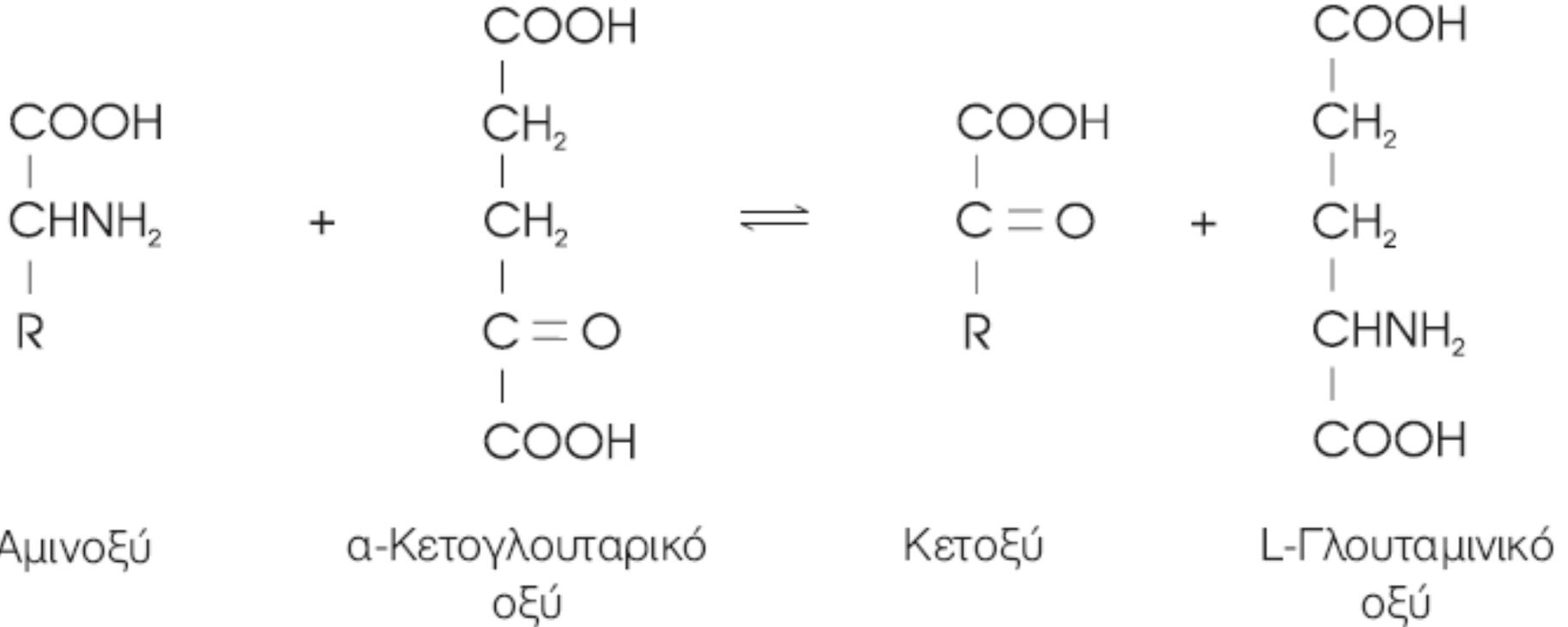
Οι α-αμινικές ομάδες μετατρέπονται (μέσω του Glu) τελικά σε ιόντα αμμωνίου



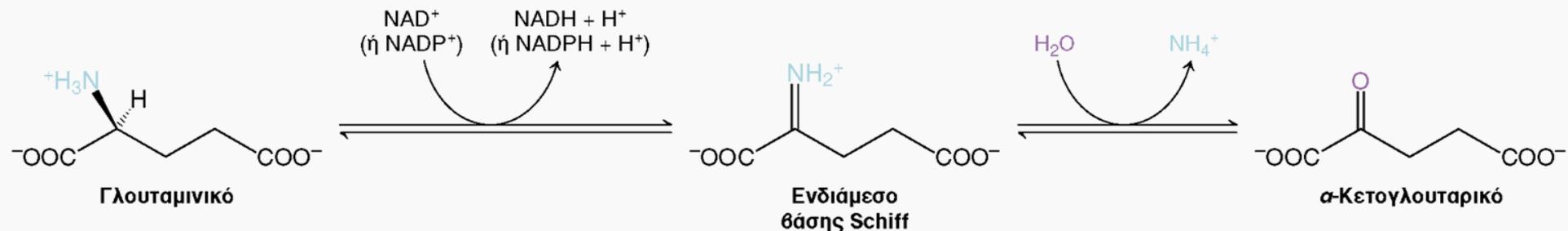
Τρανσαμίνωση
(γενική αντίδραση)



Η αμινομάδα μεταφέρεται (αμινομεταφορές, αλανίνης, **ασπαραγινικού...**) σε ένα κετοξύ, το α-κετογλουταρικό οξύ

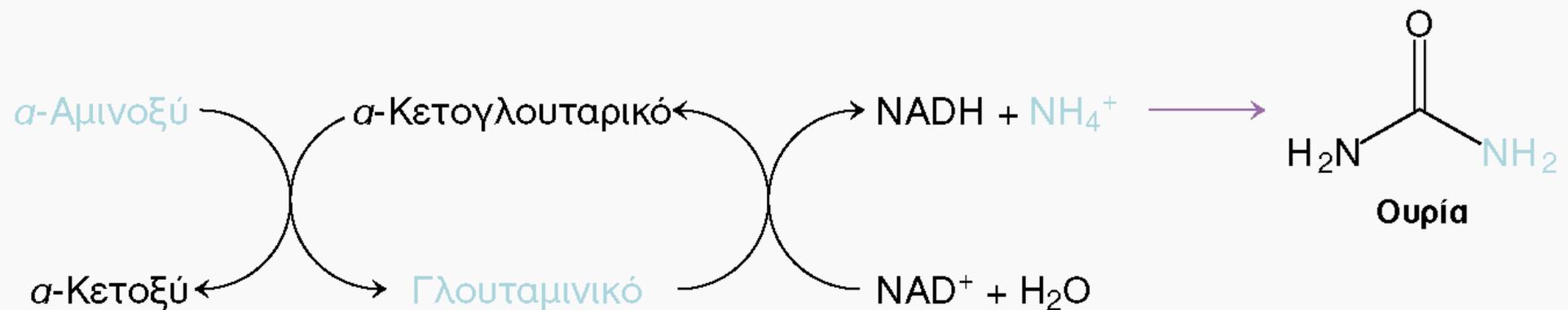


Απομάκρυνση της **αμινομάδας** υπό την μορφή **αμμωνίας** επιτυγχάνεται με την αφυδρογονάση του γλουταμινικού (βλέπουμε ότι δεν μεταφέρεται η Κέτο-ομάδα αλλά σχηματίζεται μετά από αντίδραση με νερό)



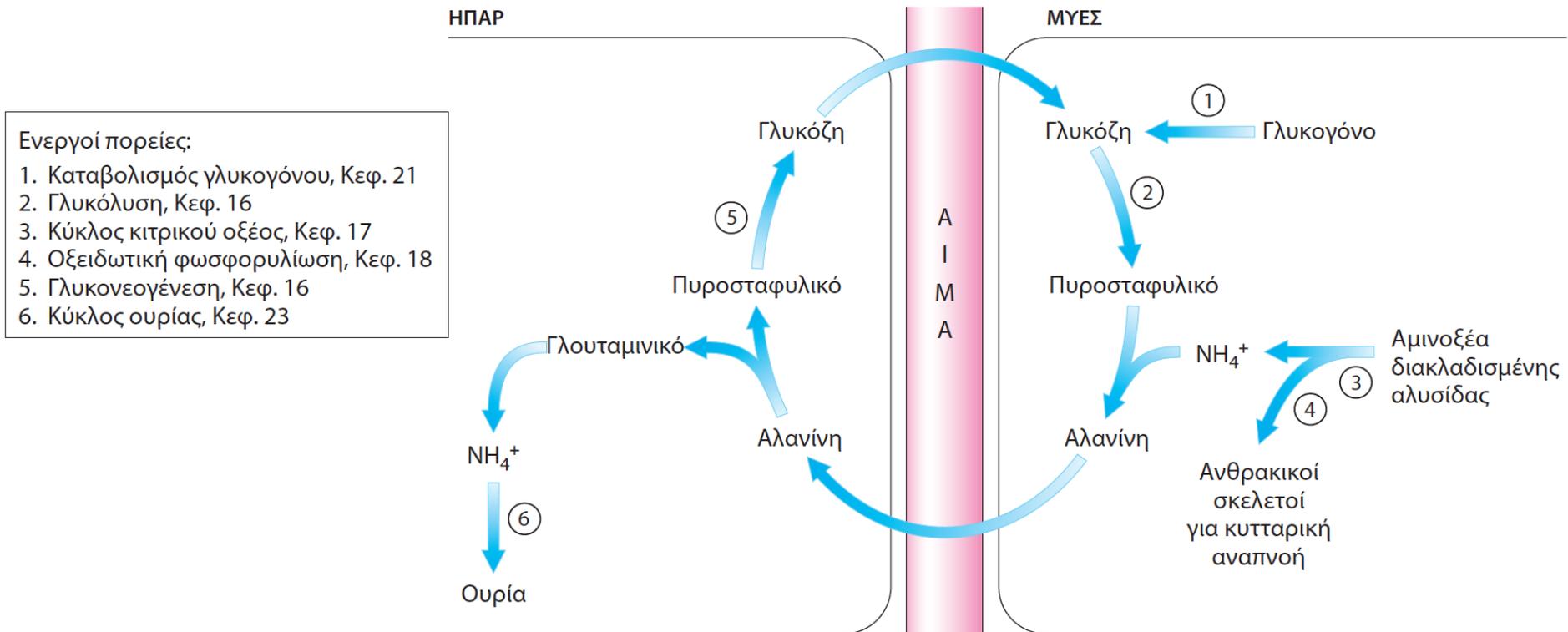
Η αφυδρογονάση εντοπίζεται στα μιτοχόνδρια. Η διαμερισματοποίηση απομονώνει την αμμωνία που είναι τοξική

Ο κύκλος των αντιδράσεων οδηγεί (χερσαία σπονδυλωτά) τελικά σε **ουρία**



Περιφερειακοί ιστοί μεταφέρουν άζωτο στο ήπαρ

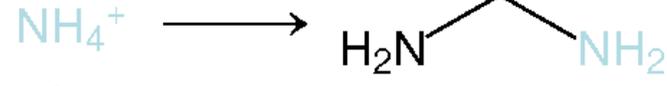
Οι μύες χρησιμοποιούν τα αμινοξέα σαν καύσιμα κατά τη διάρκεια παρατεταμένης άσκησης πρέπει όμως να αφαιρεθεί η αμινομάδα



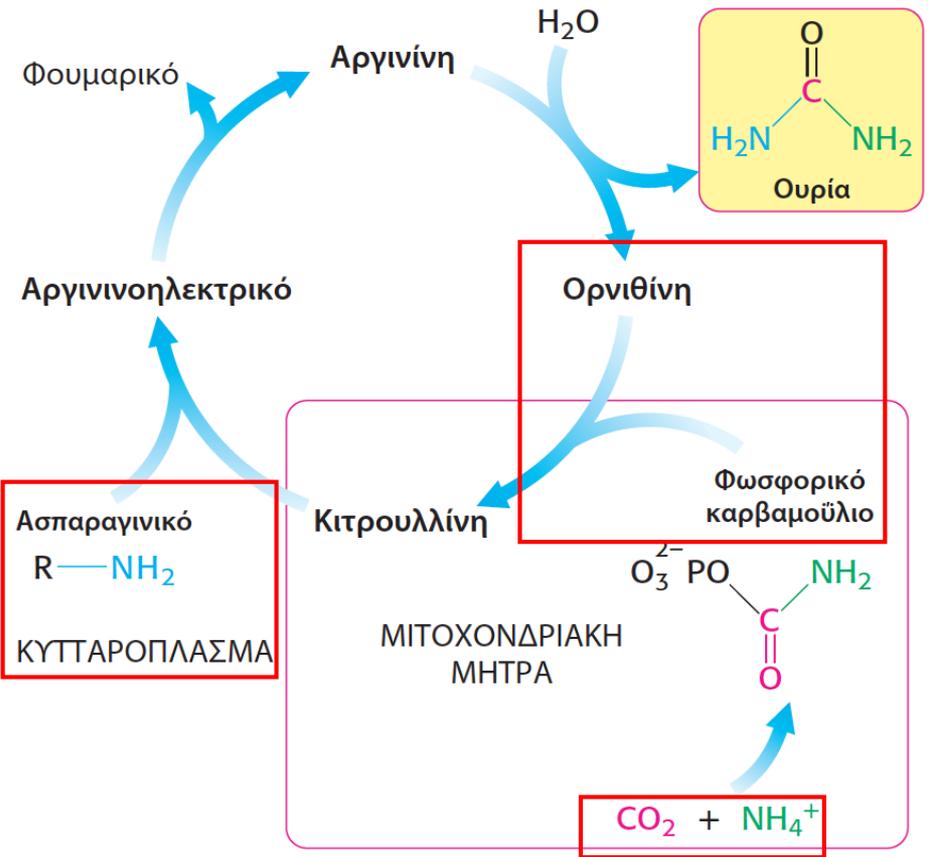
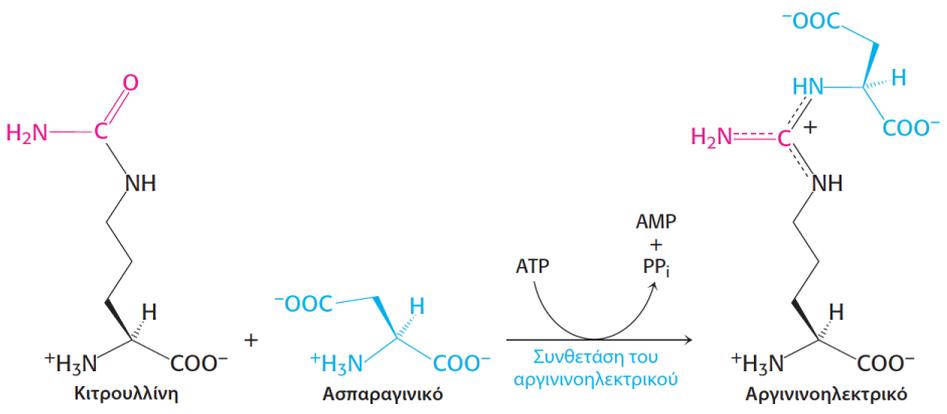
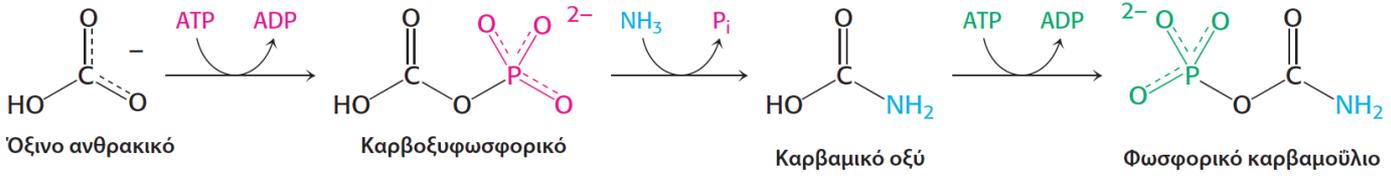
υπάρχει διαμερισματοποίηση (ανατομία) των εργασιών, οι μύες δε διαθέτουν ένζυμα του κύκλου της ουρίας

Ο κύκλος της ουρίας

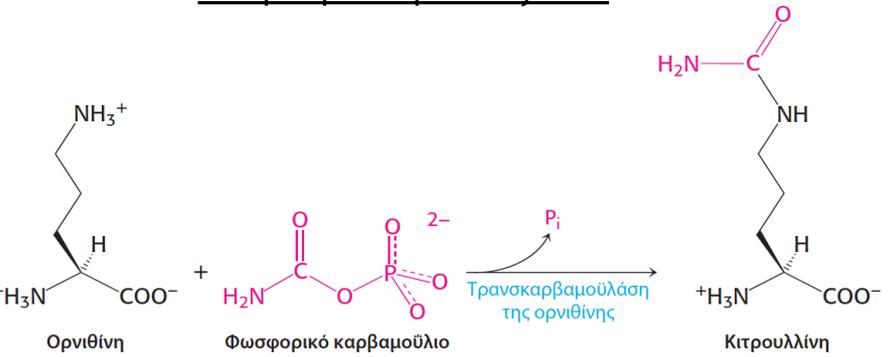
Ξεκινά με την ενσωμάτωση NH_4^+ σε HCO_3^-

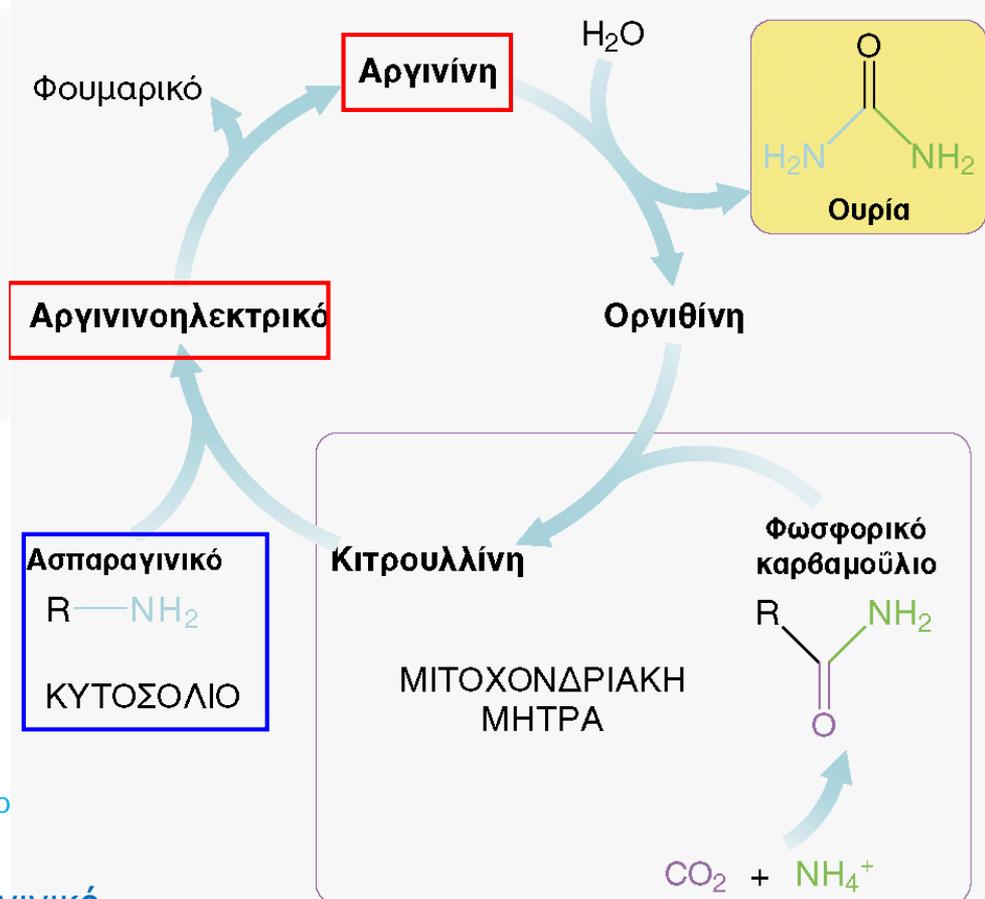
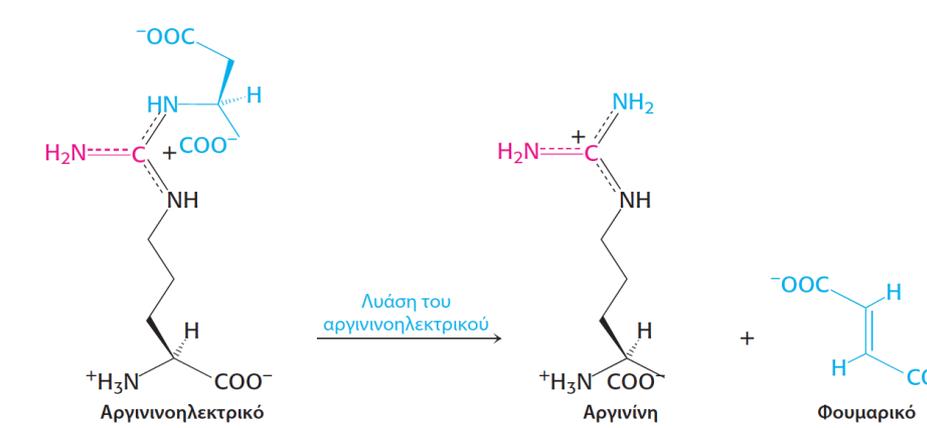
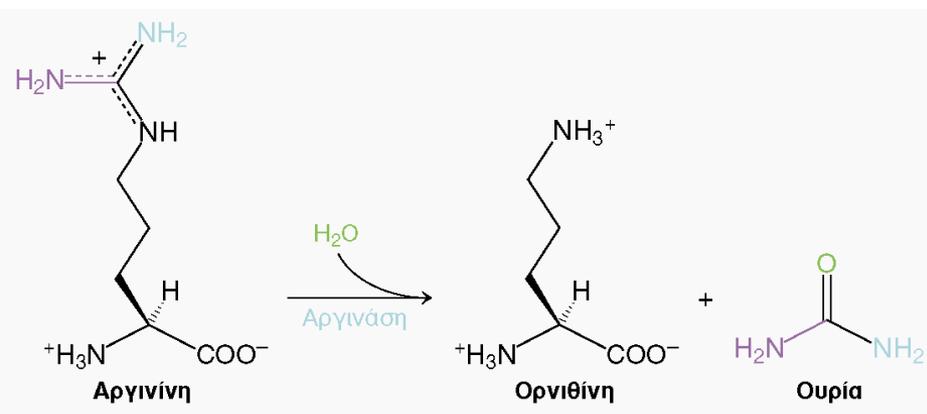


Ουρία

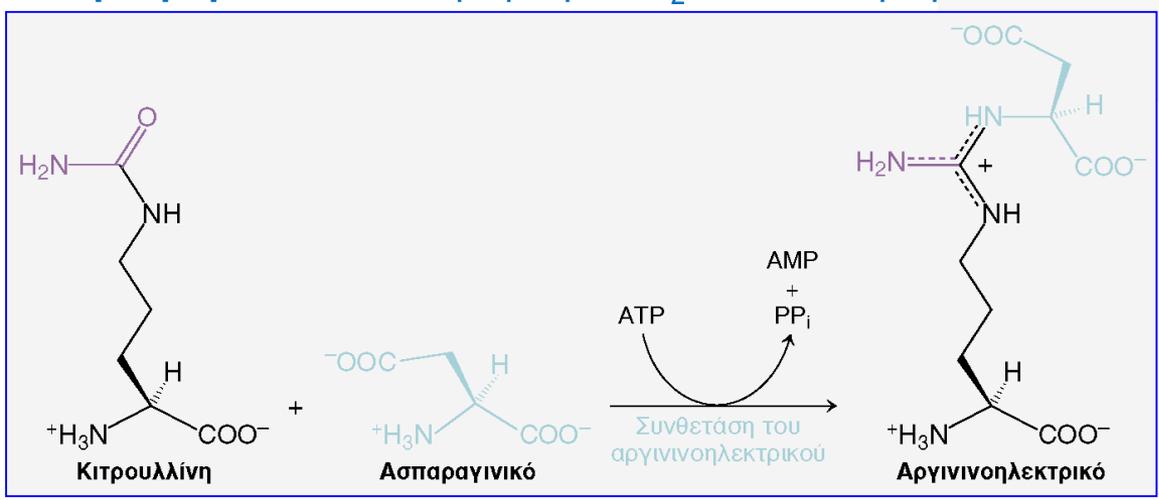


Είναι εμφανές από τα μόρια ATP που καταναλώνονται ότι απαιτείται ενέργεια για την απομάκρυνση του αζώτου



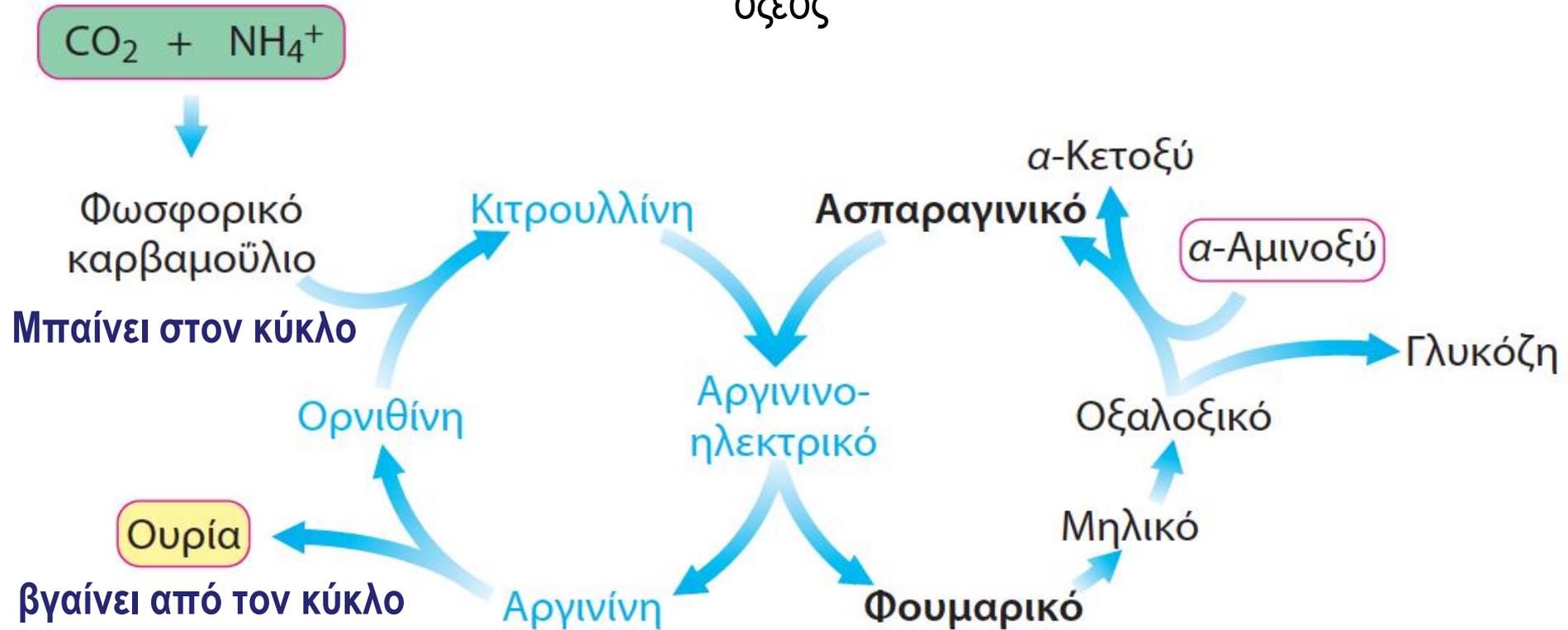


Το φουμαρικό θα επιστρέψει με NH₂ σαν ασπαραγινικό



Ο κύκλος της ουρίας.

Πολλαπλά βήματα (επιτρέπουν κοινά προϊόντα) συνδέουν σημαντικές διεργασίες στον μεταβολισμό. Ο **κύκλος της ουρίας** συνδέεται (φουμαρικό) με τον **κύκλο του κιτρικού οξέος**



Εικόνα 23.18 Μεταβολική ολοκλήρωση του μεταβολισμού του αζώτου. Ο κύκλος της ουρίας, η γλυκονεογένεση και η τρανσαμίνωση του οξαλοξικού συνδέονται μέσω του φουμαρικού και του ασπαραγινικού.

Στοιχειομετρία της σύνθεσης της ουρίας (το πυροφωσφορικό PPi υδρολύεται γρήγορα)
 $\text{CO}_2 + \text{NH}_4^+ + 3\text{ATP} + \text{ασπαραγινικό} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ουρία} + 2\text{ADP} + \text{Pi} + \text{AMP} + \text{PPi} + \text{φουμαρικό}$

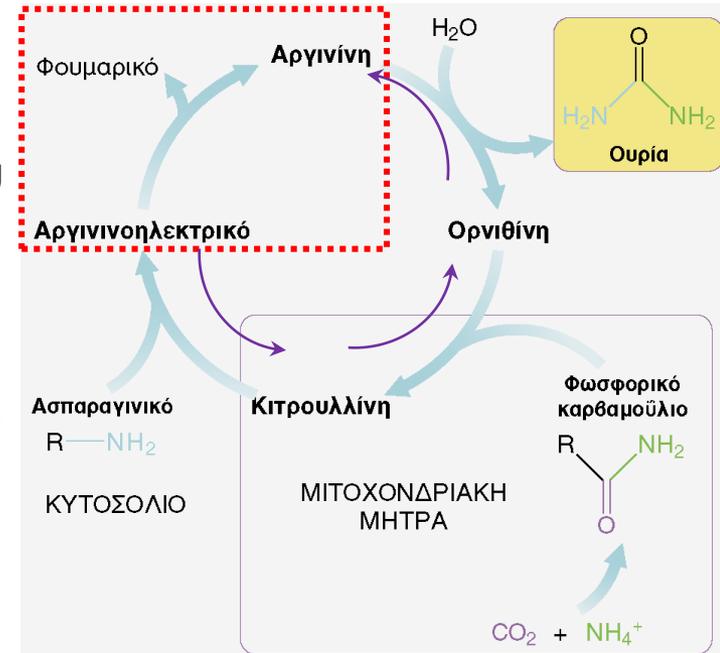
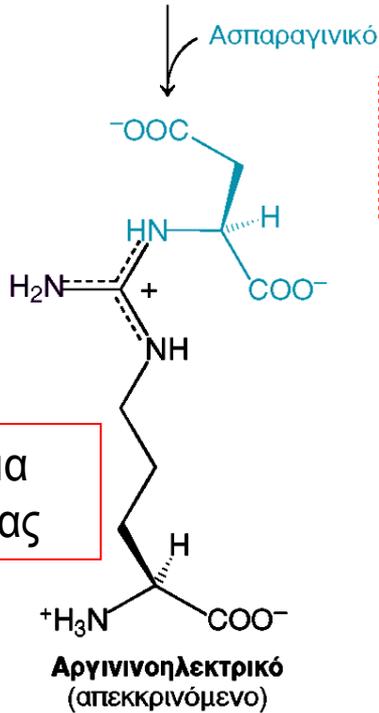
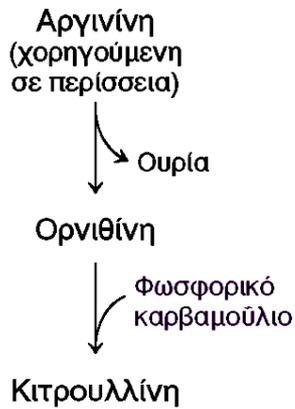
Όλες οι βλάβες του κύκλου της ουρίας προκαλούν υπεραμμωναιμία (αυξημένα επίπεδα NH_4^+ στο αίμα)

Γιατί είναι τοξική η αμμωνία; Πιθανή εξήγηση οσμωτικές δράσεις από αδόκιμη ενεργοποίηση ενός συµµεταφορέα νατρίου-καλίου-χλωρίου

Περίπτωση βλάβης του κύκλου από έλλειψη της *λυάσης της αργινίνης* οδηγεί σε μη παραγωγή Arg

Γνωρίζοντας τη **βιοχημική πορεία** μπορούµε να χορηγήσουµε το **συστατικό** που λείπει για να λειτουργήσει ο κύκλος

Σε αυτή την περίπτωση δεν δίνουµε λιγότερα αμινοξέα αλλά ένα αμινοξύ με μεγάλη περιεκτικότητα αζώτου



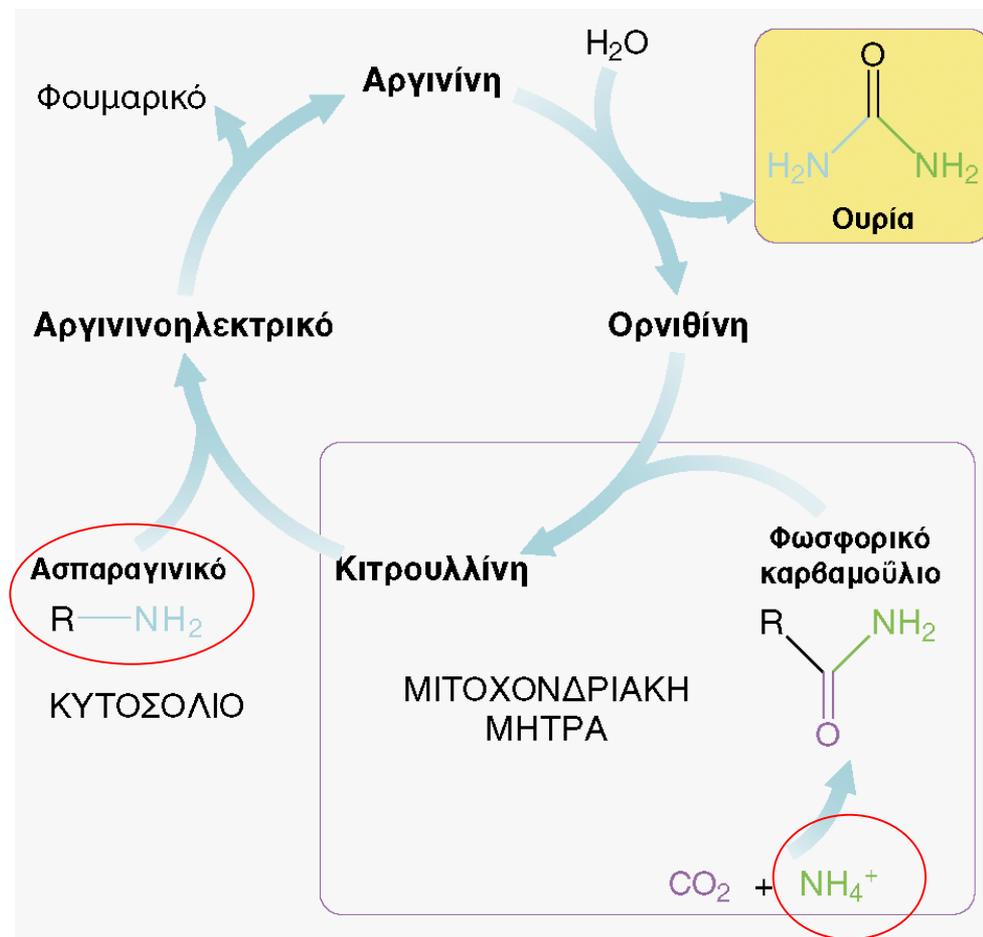
Εικόνα 23.16. Ο κύκλος της ουρίας.

Εικόνα 23.19 Θεραπευτική αγωγή της ανεπάρκειας λυάσης του αργινοηλεκτρικού. Η ανεπάρκεια της λυάσης του αργινοηλεκτρικού μπορεί να παρακαμφθεί με συμπλήρωμα αργινίνης στη διατροφή. Το άζωτο απεκκρίνεται με τη μορφή του αργινοηλεκτρικού.

Βλάβες του κύκλου της ουρίας προκαλούν συνέχεια (αυξημένα επίπεδα NH_4^+ στο αίμα)

Περίπτωση βλάβης του κύκλου από ανεπάρκεια της συνθετάσης του *φωσφορικού καρβαμοϋλίου* η κίτρουλλίνη και το αργινοηλεκτρικό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν πια για την απομάκρυνση του αζώτου συσσώρευση γλυκίνης (μεταφορά αζώτου στο ήπαρ) και γλουταμίνης

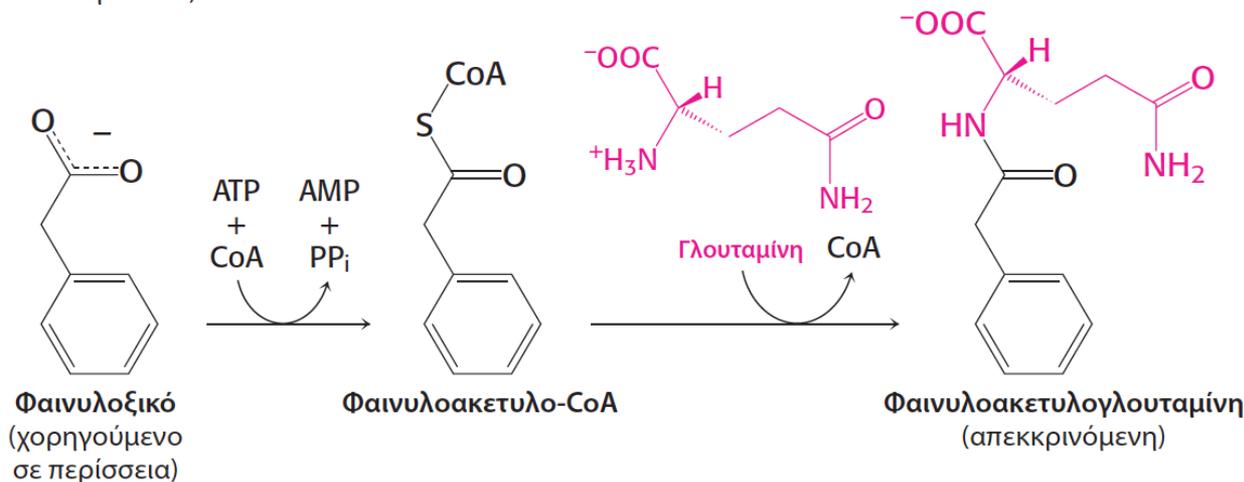
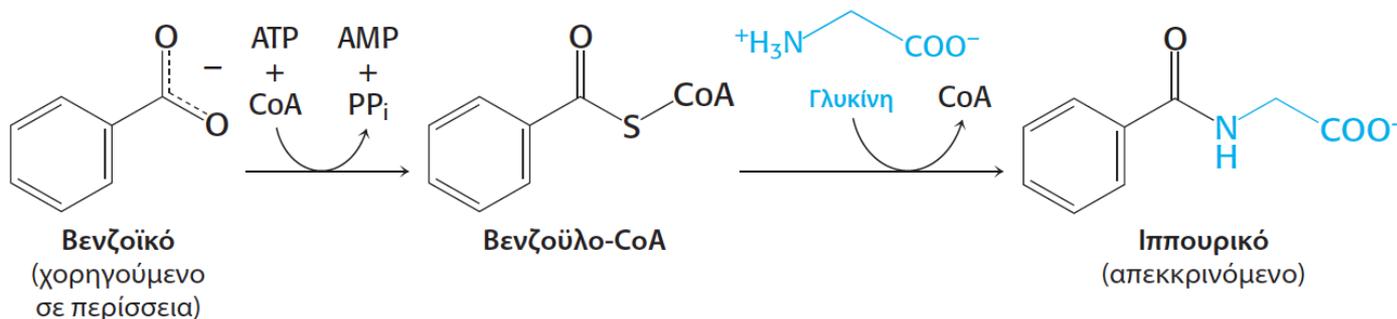
Η γλυκίνη και η γλουταμίνη είναι τα αμινοξέα (οι τρόποι) μεταφοράς του αζώτου στον κύκλο της ουρίας
Είτε σαν NH_4 είτε τελικά σαν ασπαραγινικό



Εικόνα 23.16. Ο κύκλος της ουρίας.

... συνέχεια τρόποι αντιμετώπισης - ανεπάρκεια της συνθετάσης του φωσφορικού καρβαμοϋλίου

Γνωρίζοντας λανθάνουσες βιοχημικές πορείες μπορούμε να χορηγήσουμε συστατικά που τις ενεργοποιούν και να παρακάμψουμε μερικώς μια γενετική ανεπάρκεια



Επιπλέον σε αυτή την περίπτωση μείωση της ποσότητας πρωτεΐνης στη διατροφή

Μειονεκτήματα μεγάλη ποσότητα ενέργειας υπό την μορφή άνθρακα (ιππουρικό και φαιν/μίνη) αποβάλλεται (απεκκρίνεται)

Η ουρία δεν είναι το μόνο μέσο απομάκρυνσης της περίσσειας αζώτου

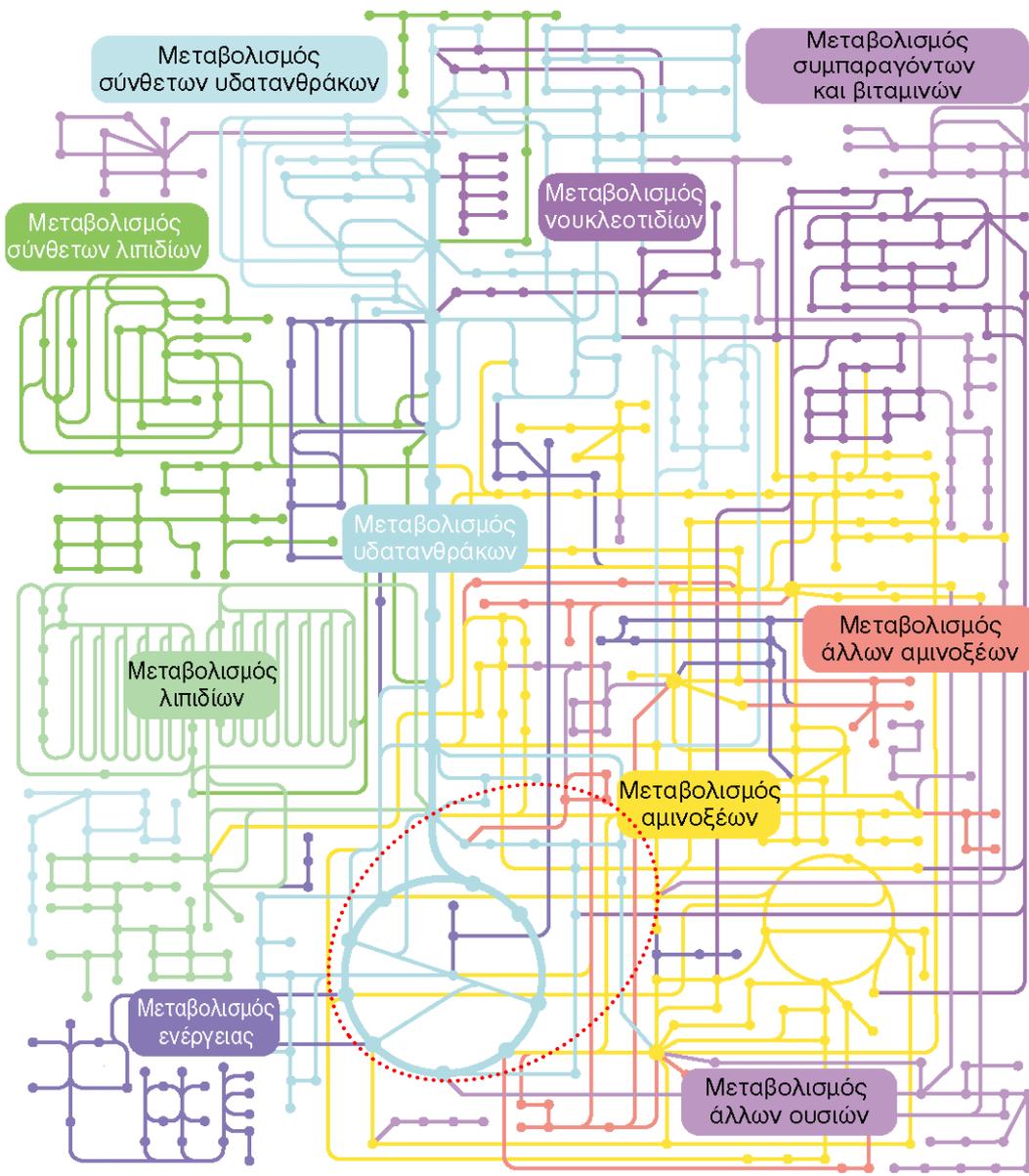
Η αμμωνία είναι πολύ τοξική για τον οργανισμό και γι' αυτό δεν μπορεί να αποτελέσει τη μορφή απέκκρισης της περίσσειας του αζώτου. Στον άνθρωπο και στους άλλους οργανισμούς αποβάλλεται με διάφορους τρόπους. Ανάλογα με το φυσικό περιβάλλον του οργανισμού

1. Στον άνθρωπο και στα χερσαία σπονδυλωτά, η περίσσεια της αμμωνίας αποβάλλεται με τη μορφή ουρίας (ουριοτελικά)
2. Στα υδρόβια ζώα μπορεί να αποβάλλεται σαν αμμωνία (αμμωνιοτελικά). Περίσσεια νερού βοηθάει την αραίωση του NH_4^+ . Οι πνευμονοϊχθείς από αμμωνιοτελικοί γίνονται ουριοτελικοί όταν ζουν έξω από το νερό κατά τη διάρκεια ξηρασίας
1. Στα πουλιά και χερσαία ερπετά αποβάλλεται σαν ουρικό οξύ (ουρικοτελικά). Χρειάζονται λίγο νερό για αραίωση αποβαλλόμενου ουρικού

Στις αράχνες, αποβάλλεται σα γουανίνη. Σε πολλά ψάρια, αποβάλλεται σαν τριμεθυλαμινοξείδιο, κ.λπ

Ο σχηματισμός της ουρίας σαν μορφή απέκκρισης της αμμωνίας, έχει τα εξής πλεονεκτήματα.

- δεν είναι τοξική
- είναι υδατοδιαλυτή
- διαχέεται μέσω των βιολογικών μεμβρανών και αποβάλλεται από τα νεφρά
- έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε άζωτο
- δεν είναι ούτε όξινη ούτε βασική

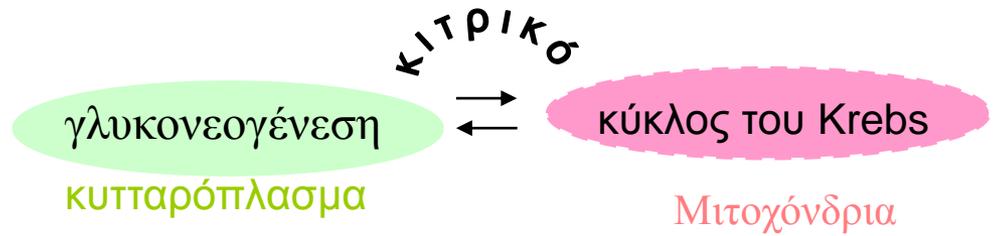


Τα άτομα άνθρακα των **αμινοξέων** εμφανίζονται (χρησιμοποιούνται) ως κύρια **μεταβολικά ενδιάμεσα**

Έχουμε ερευνήσει τις βασικές μεταβολικές πορείες και βρισκόμαστε στο μεταβολισμό των αμινοξέων

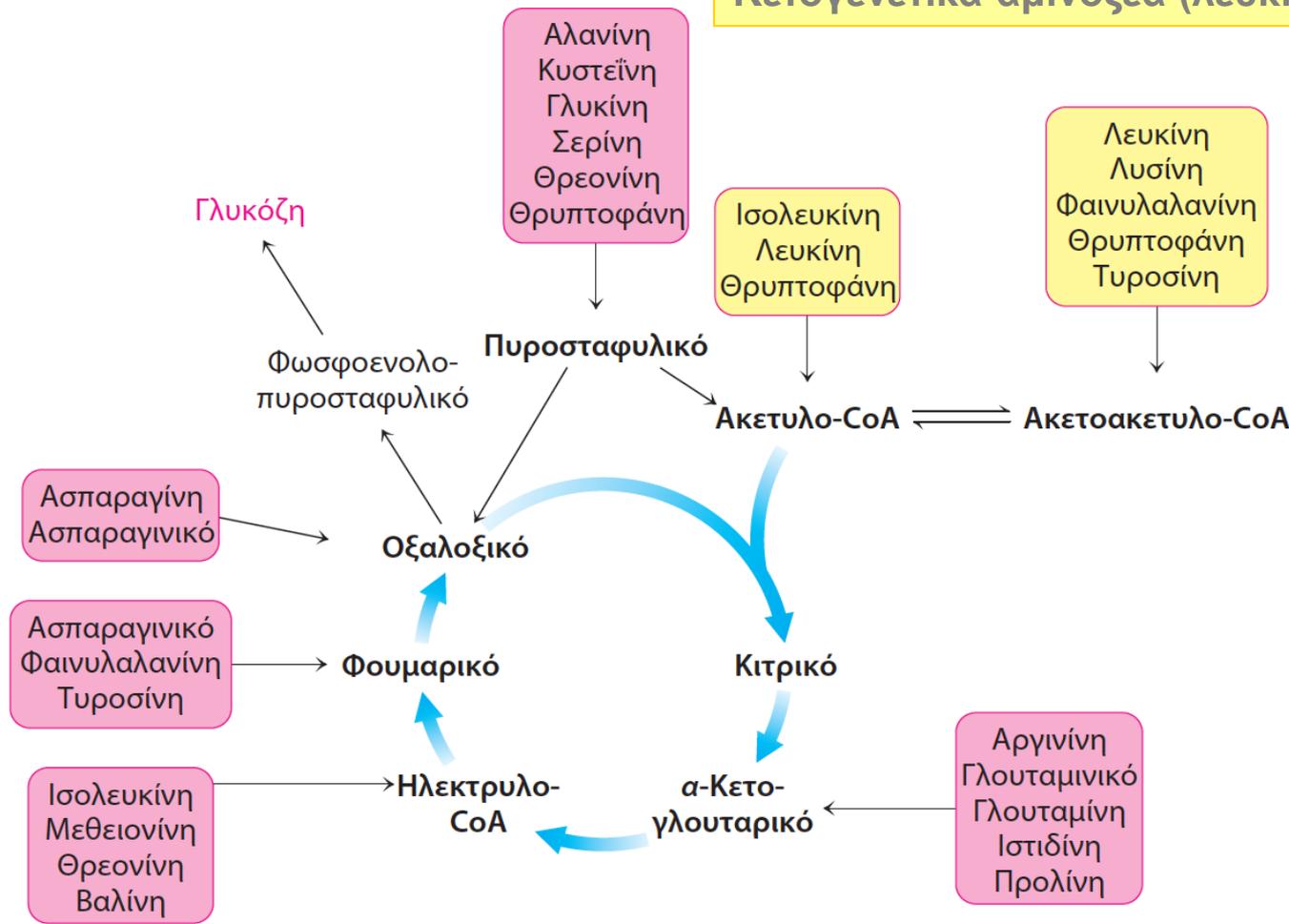
Τα άτομα άνθρακα θα χρησιμοποιηθούν στον κύκλο του κιτρικού και στην γλυκονεογένεση

Η ΜΕΤΑΒΟΛΙΚΗ ΤΥΧΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟΥ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΤΩΝ ΑΜΙΝΟΞΕΩΝ



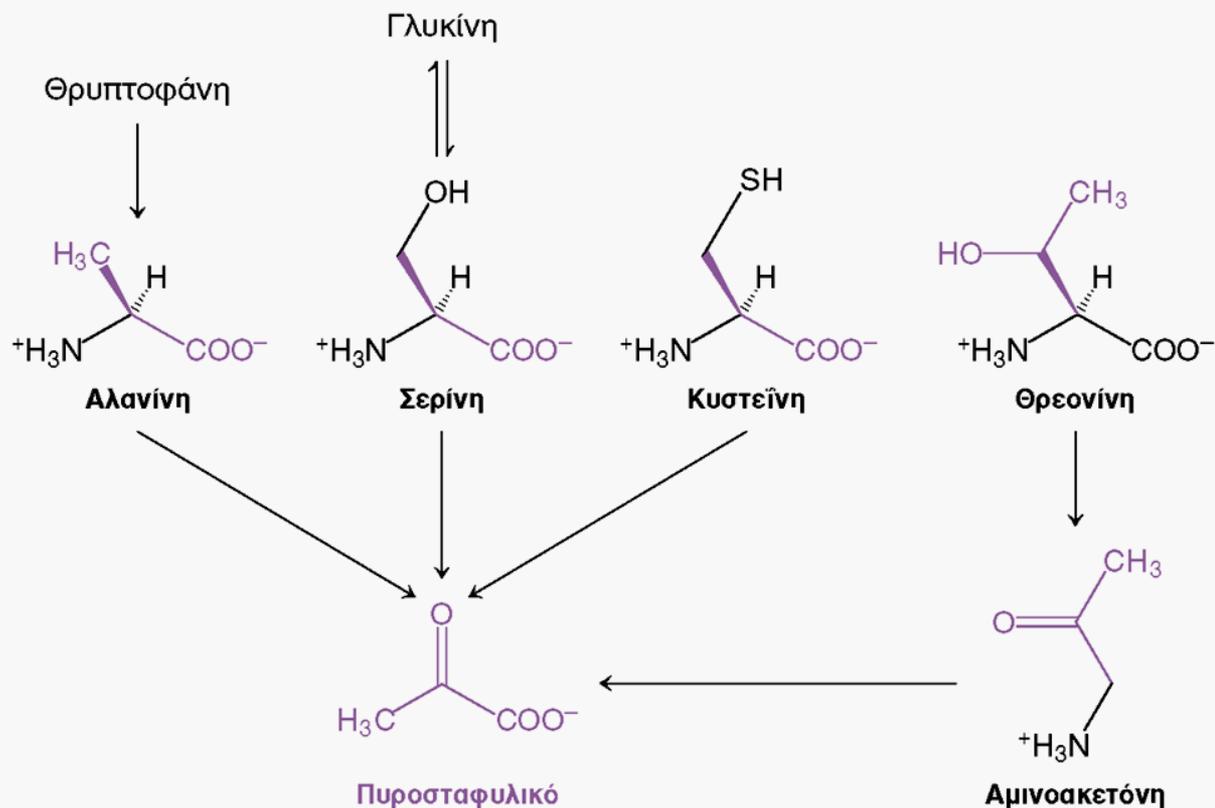
Κετογενετικά αμινοξέα (λευκίνη & λυσίνη)

Φανερώνεται ακόμα ένα παράδειγμα της χρησιμότητας των πολλαπλών βημάτων για την είσοδο αντιδρώντων (προϊόντων) σε μια μεταβολική πορεία



Πυροσταφυλικό ως σημείο εισόδου

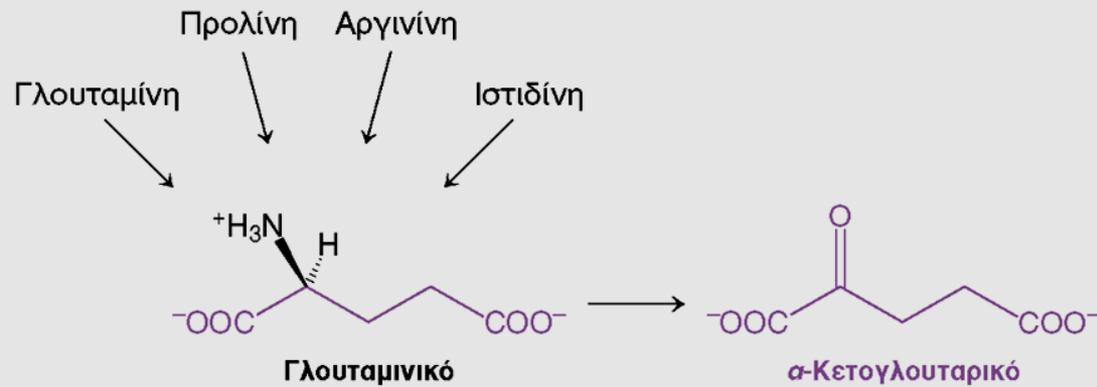
Τα αμινοξέα με **τρία άτομα άνθρακα** επίσης **γλυκίνη** με εισαγωγή υδροξυμεθυλικής ομάδας όπως και τρία άτομα από το σκελετό της **τρυπτοφάνης**



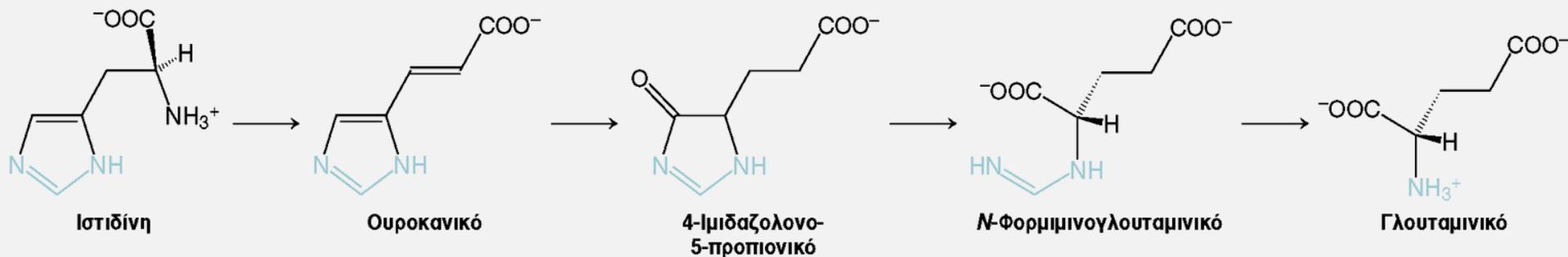
Εικόνα 23.22 Σχηματισμός πυροσταφυλικού από αμινοξέα. Το πυροσταφυλικό είναι το σημείο εισόδου για την αλανίνη, τη σερίνη, την κυστεΐνη, τη γλυκίνη, τη θρεονίνη και τη θρυπτοφάνη.

α -κετογλουταρικό ως σημείο εισόδου

Τα αμινοξέα με **πέντε άτομα άνθρακα** αφού μετατραπούν σε γλουταμινικό και οξειδωθούν προς **α -κετογλουταρικό**

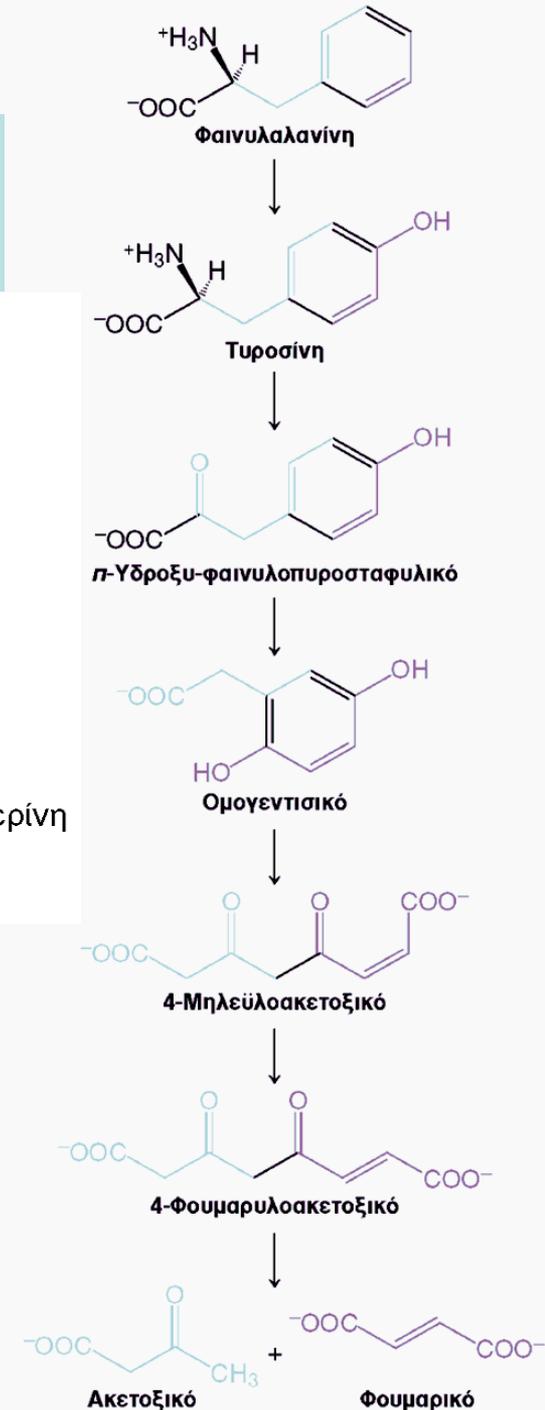
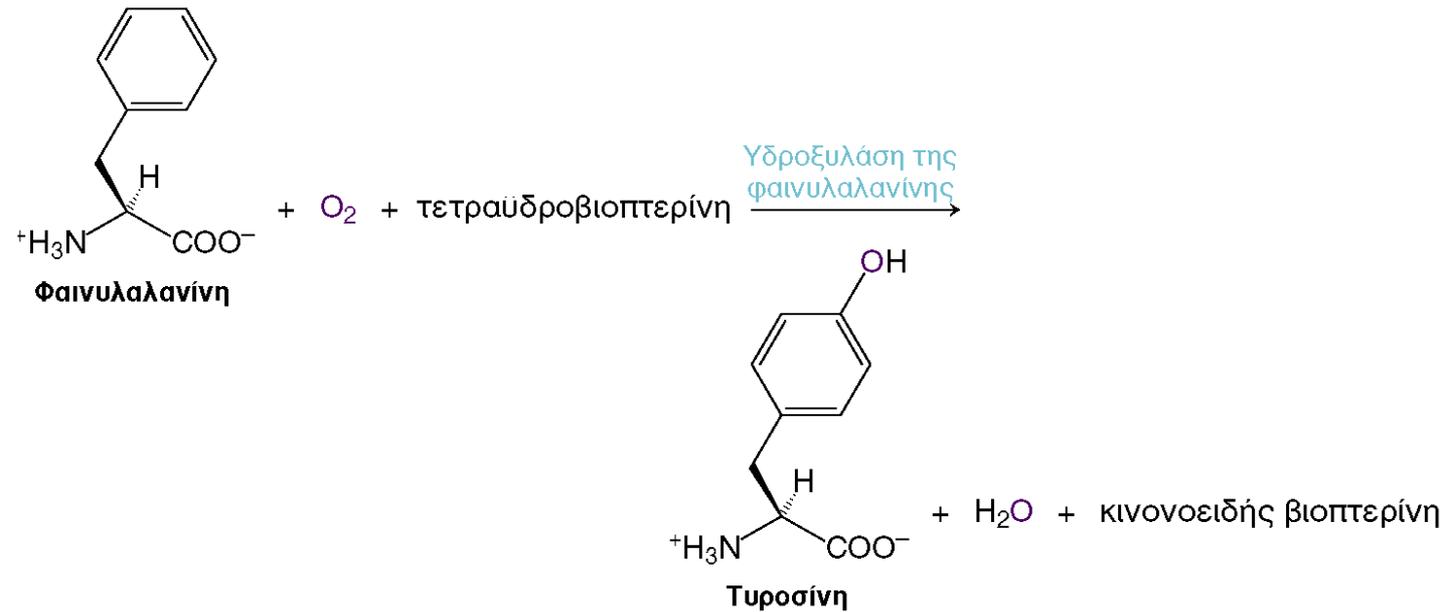


Εικόνα 23.23 Σχηματισμός α -κετογλουταρικού από αμινοξέα. Το α -κετογλουταρικό είναι το σημείο εισόδου αρκετών αμινοξέων με πέντε άτομα άνθρακα, τα οποία μετατρέπονται αρχικά σε γλουταμινικό.



Εικόνα 23.24 Αποικοδόμηση ιστιδίνης. Μετατροπή της ιστιδίνης σε γλουταμινικό.

για την αποικοδόμηση των αρωματικών αμινοξέων απαιτούνται οξυγονάσες

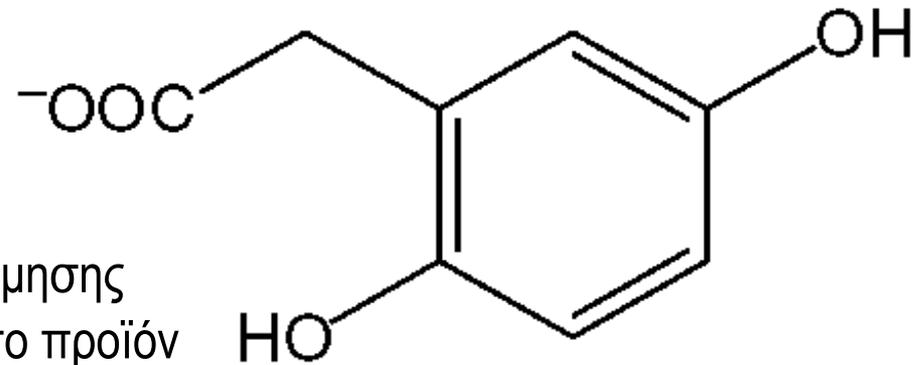


Εικόνα 23.29 Αποικοδόμηση της φαινυλαλανίνης και της τυροσίνης. Η πορεία για τη μετατροπή της φαινυλαλανίνης σε ακετοξικό και φουμαρικό.

Εκ γενετής σφάλματα του μεταβολισμού μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στην αποικοδόμηση των αμινοξέων (και η πρώτη ένδειξη ότι το DNA-γενετικό υλικό, φτιάχνει πρωτεΐνες, 1902)

Οι πρώτες συσχετίσεις μεταξύ βιοχημικών ανεπαρειών και παθολογικών καταστάσεων προήλθαν από σφάλματα στον μεταβολισμό των αμινοξέων

Αλκαπτονουρία έλλειψη ενζύμου αποικοδόμησης βενζολικού δακτυλίου φαιναλανίνης, ενδιάμεσο προϊόν αποικοδόμησης της φαινυλαλανίνης και τυροσίνης (υπολειπόμενο μεντελικό χαρακτηριστικό)

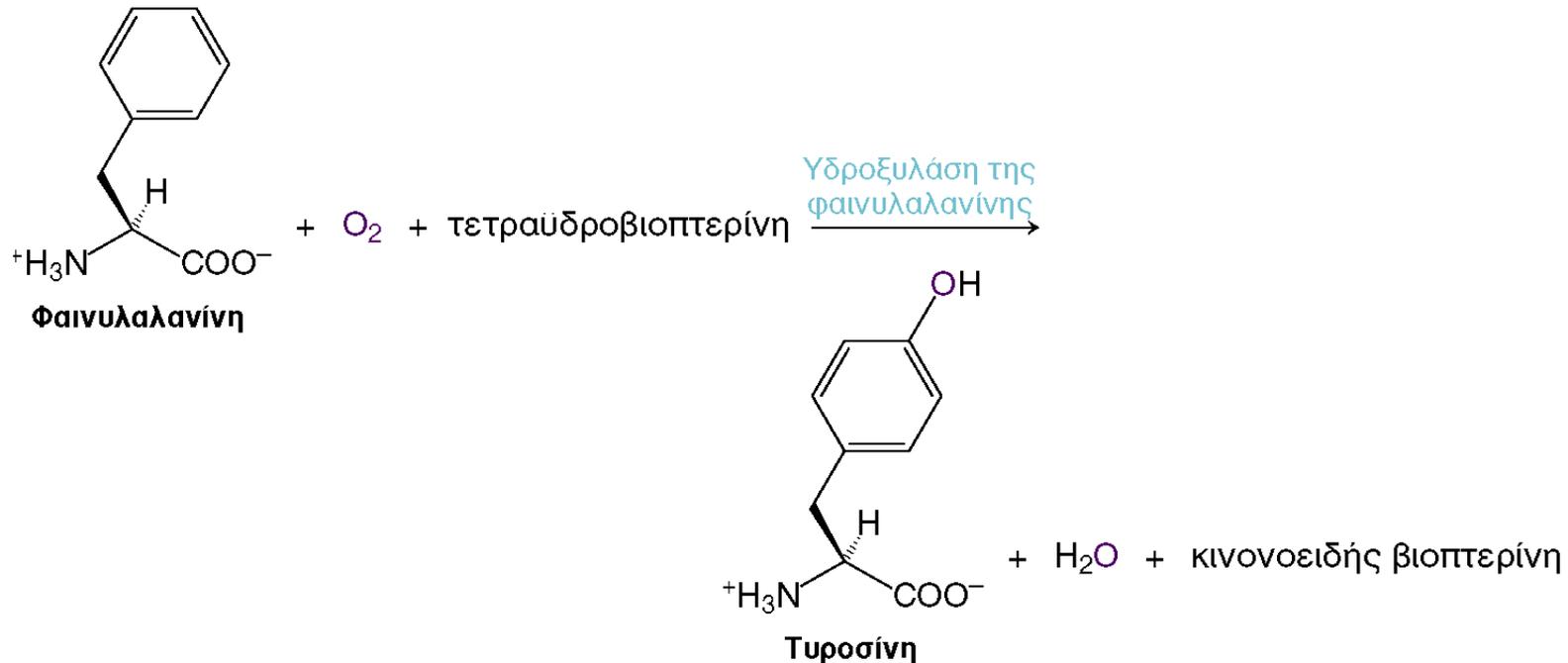


Ομογεντισικό

↓
Αέρας

Πολύ έγχρωμο
πολυμερές

Φαινυλοκετονουρία: ανεπάρκεια ή έλλειψη της υδροξυλάσης της φαινυλαλανίνης ή του παράγοντα τετραϋδροβιοπτερίνης



Η φαινυλαλανίνη συσσωρεύεται στα υγρά του σώματος διότι δεν μπορεί να μετατραπεί σε τυροσίνη.

Φυσιολογικά $\frac{3}{4}$ μετατρέπονται σε τυροσίνη και $\frac{1}{4}$ ενσωματώνεται σε πρωτεΐνες

Σχεδόν όλοι οι ασθενείς με φαινυλοκετονουρία που δεν υποβάλλονται σε θεραπεία είναι νοητικά καθυστερημένοι (το 1% των ασθενών σε ιδρύματα για νοητικά καθυστερημένα άτομα πάσχουν από φαινυλοκετονουρία)

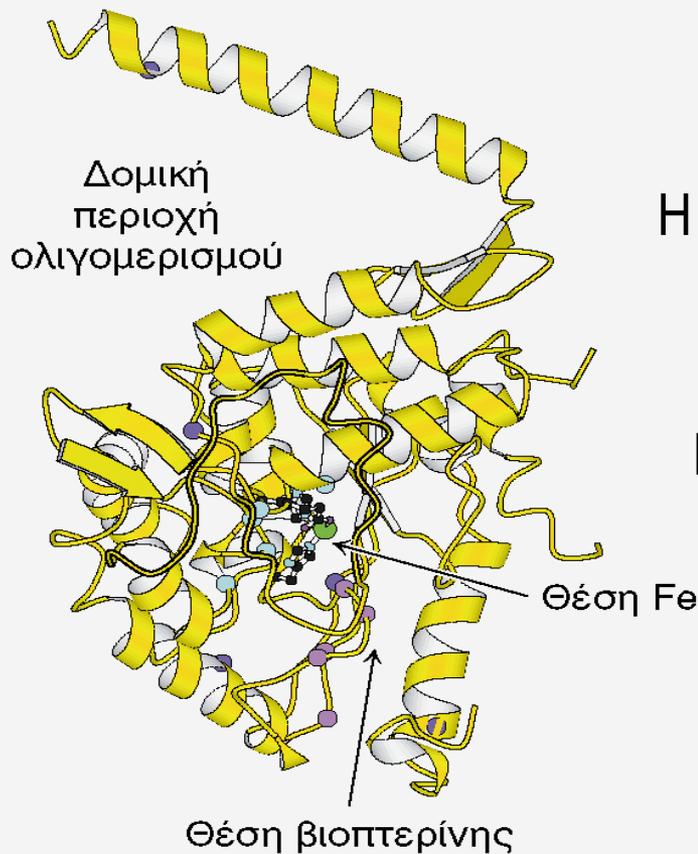
Φαινυλοκετονουρία

Διάγνωση

Η ανίχνευση φαινυλαλανίνης στο αίμα δεν επαρκεί (οι φυσιολογικές μέσες τιμές στον πληθυσμό αλληλεπικαλύπτονται με αυτές των φορέων)

Ενδοφλέβια χορήγηση φαινυλαλανίνης και μέτρηση της κινητικής του ενζύμου

Οι μεταλλάξεις που είναι σημαντικές έχουν ταυτοποιηθεί και σημειωθεί με ακρίβεια στην πρωτεΐνη. Οι μεταλλάξεις μπορεί να επηρεάζουν το ενεργό κέντρο, αποικοδόμηση (πρωτεόσωμα) κ.τ.λ.



Εικόνα 23.31 Δομή μιας υπομονάδας της υδροξυλάσης της φαινυλαλανίνης. Μεταλλάξεις στα γονίδια που κωδικεύουν το ένζυμο αυτό προκαλούν φαινυλοκετονουρία. Περισσότερες από 200 σημειακές μεταλλάξεις έχουν αναγνωρισθεί στα γονίδια αυτά. Οι θέσεις πέντε μεταλλάξεων που επηρεάζουν το ενεργό κέντρο (μπλε), τη θέση δέσμευσης της βιοπτερίνης (κόκκινο), και άλλες θέσεις της πρωτεΐνης (πορφυρό), δείχνονται ως έγχρωμες σφαίρες.

Προγεννητική διάγνωση αφού οι μεταλλάξεις έχουν τακτοποιηθεί

Οι περισσότερες γενετικές ανωμαλίες αντιμετωπίζονται με μείωση πρόσληψης του αμινοξέος που δε μεταβολίζεται

Γλουταθειόνη (τριπεπτίδιο)

- προστατεύει τα ένζυμα και τα λιπίδια από αυτοοξειδωση
- αποτελεί συστατικό ενός συστήματος μεταφοράς αμινοξέων από το περιβάλλον μέσα στα κύτταρα

γ-γλουταμυλ-τρανσπεπτιδάση



Ο γ-γλουταμυλ-κύκλος, έχει σαν καθαρό αποτέλεσμα τη μεταφορά ενός αμινοξέος μέσα στο κύτταρο με κατανάλωση 2 μορίων ATP

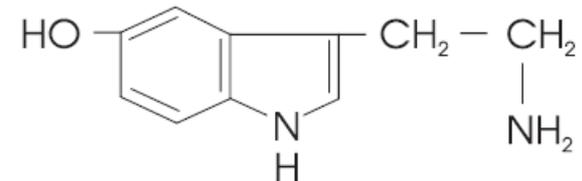
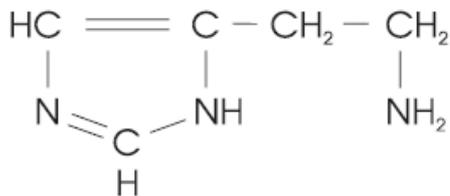
βιογενείς αμίνες



Ισταμίνη - αγγειοδιασταλτικός παράγοντας, διεγείρει τη ροή γαστρικών εκκρίσεων

Τυραμίνη αποκαρβοξυλίωση της τυροσίνης υπερτασικός παράγοντας

σεροτονίνη ισχυρό αγγειοσυσταλτικό

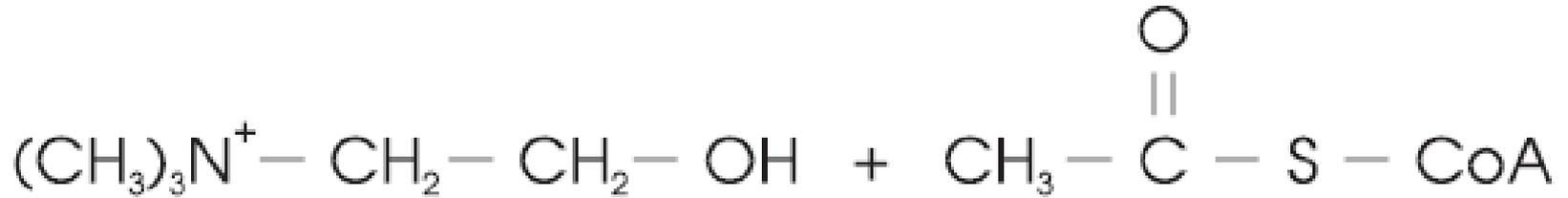


Βιογενείς αμίνες

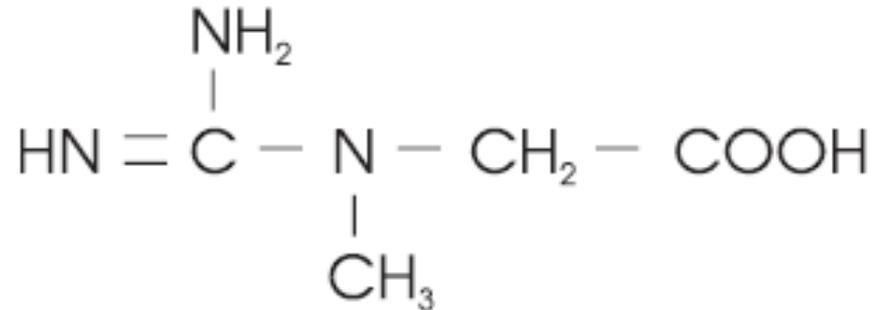
εντός ύλης
εκτός βιβλίου

Χολίνη

διαπερατότητα των μεμβρανών ταχεία δια-μετακίνηση ιόντων Na και K



Κρεατίνη



Το φωσφορυλιωμένο παράγωγο,
φωσφοκρεατίνη, αποτελεί το μηχανισμό άμεσης αναγέννησης του ATP

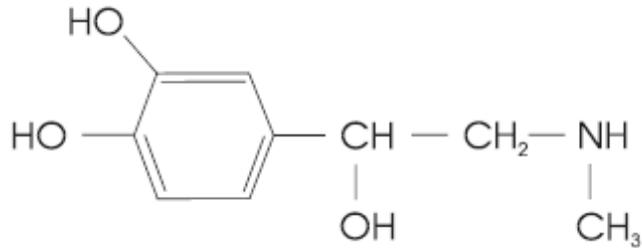


Ορμόνες παράγωγα αμινοξέων

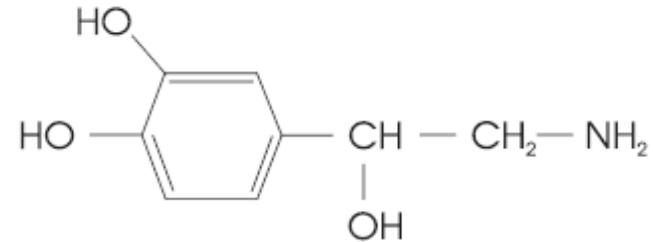
Κατεχολαμίνες

υδροξυλίωση της τυροσίνης στον αρωματικό δακτύλιο σε διυδροξυφαινυλαλανίνη (DOPA)

επινεφρίνη ή αδρεναλίνη

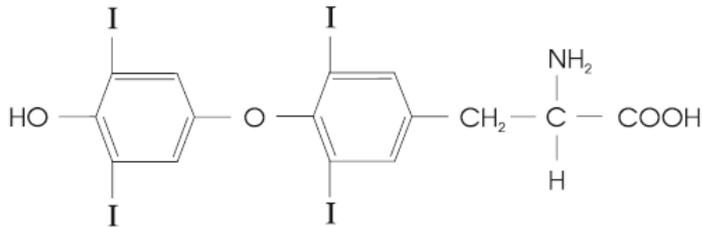


νορεπινεφρίνη ή νοραδρεναλίνη



Θυροξίνη

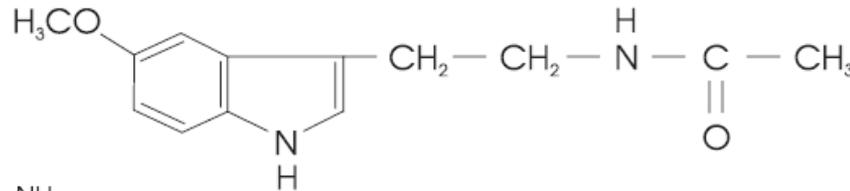
3,3',5'-τριιωδοθυρονίνη
θυροειδής αδέννας



Θυροξίνη

Μελατονίνη

παράγωγο της Τρυπτοφάνης



Οξείδιο του αζώτου
(N = O)

θηλαστικά-
χαλάρωση λείων
μυικών ινών,