



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Ζωολογία II

Ενότητα 3<sup>η</sup>. Βιολογικοί Ρυθμοί

Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Βιολογίας

# Περιεχόμενο διάλεξης

Θα αναπτυχθούν τα εξής θέματα:

- **Βιολογικοί ρυθμοί**

(Προέλευση, Είδη, Δομές, Σύστημα Μέτρησης,  
Σύστημα Ρύθμισης, Ορμόνες)

- **Αδράνεια**

(Μηχανισμοί, Διασπορά μηχανισμών,  
Παραλλαγές: Χειμερία νάρκη, Θερινή νάρκη, Διάπαυση)

Σκαρλάτος Ντέντος (sdedos@biol.uoa.gr)



# Σκοπός της διάλεξης

- Να παρουσιάσει φυσιολογικούς και μοριακούς μηχανισμούς που επιτρέπουν στα ζώα να ανταπεξέρχονται σε δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Να αναδείξει τη σημασία των βιολογικών ρυθμών στην επιβίωση, ανάπτυξη και εξάπλωση των ζωικών ειδών.
- Να παραθέσει βασικές έννοιες και γνώσεις που θα αποτελέσουν θεμέλιο για την κατανόηση περαιτέρω εξειδικευμένων μαθημάτων στα επόμενα.



# Προσδοκώμενα αποτελέσματα

**Όταν θα έχετε ολοκληρώσει τη μελέτη του κεφαλαίου και του υλικού που παρουσιάζεται στη διάλεξη θα είσαστε σε θέση να:**

- διακρίνετε τις διαφορετικές προσαρμογές που έχουν τα Σπονδυλόζωα για να επιβιώνουν στο περιβάλλον που διαβιούν.
- αναγνωρίζετε τη σημασία των βιολογικών ρυθμών στην επιβίωση και ανάπτυξη των ζώων.
- περιγράφετε μηχανισμούς ομοιόστασης στους οποίους εμπλέκονται βιολογικοί ρυθμοί τόσο σε επίπεδο οργανισμού όσο και στο επίπεδο του κυττάρου.

## Λέξεις – Κλειδιά

Βιολογικοί ρυθμοί, Επίφυση-Μελατονίνη, Βιολογικό ρολόι-Μηχανισμοί αδράνειας.



# Βιολογικοί Ρυθμοί 1/3

2 είδη ομοιόστασης σε σχέση με το περιβάλλον:

- 1) **Ομοιόσταση αντίδρασης:** Απάντηση σε αλλαγή στην ομοιόσταση.
- 2) **Ομοιόσταση πρόγνωσης:** Σύνολο συμπεριφοράς που σκοπό έχει την προετοιμασία του οργανισμού για την αλλαγή στο περιβάλλον.

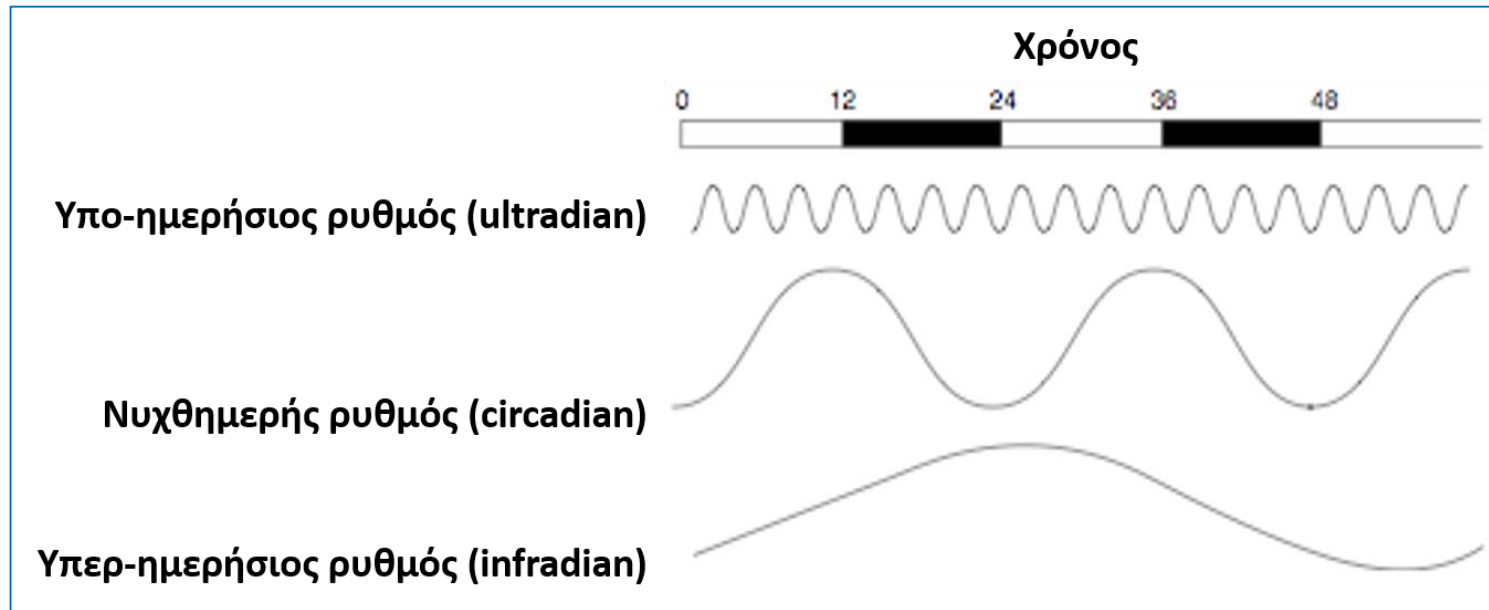
Στα Μετάζωα έχουν αναπτυχθεί «**εσωτερικά ρολόγια**» που είναι ένα σύνολο μοριακών και φυσιολογικών ρυθμών που επιτρέπουν την πρόγνωση των αλλαγών στο περιβάλλον.

Ένας βιολογικός ρυθμός είναι **ενδογενής του ζώντος οργανισμού** όταν:

- 1) **Μπορεί να διατηρείται εν τη απουσία επιρροής από το περιβάλλον.**
- 2) **Μπορεί να συντονίζεται με τις περιβαλλοντικές μεταβολές.**



# Βιολογικοί Ρυθμοί 2/3



1



# Βιολογικοί Ρυθμοί 3/3

**Μερικά παραδείγματα υπο-ημερήσιων (ultradian) ρυθμών είναι:**

1) Η έκκριση ορμονών από τον άξονα υποθάλαμος-υπόφυση, 2) οι διατροφικές συνήθειες μερικών τρωκτικών, 3) οι καρδιακοί παλμοί.

**Μερικά παραδείγματα υπερ-ημερήσιων (infradian) ρυθμών είναι:**

1) Οι κύκλοι του οίστρου, 2) οι ετήσιοι αναπαραγωγικοί κύκλοι, 3) οι κύκλοι εμφάνισης των ακμαίων ατόμων σε μερικά είδη τζιτζικιών.

**Και μερικά ενδιαφέροντα παραδείγματα νυχθημερών ρυθμών:**

1) Η ημερήσια αδράνεια σε νυκτόβια τρωκτικά, 2) η αντίστροφη περιοδικότητα στην έκφραση πρωτεϊνών που συμβάλλουν στη σύνθεση και αποδόμηση του γλυκογόνου, 3) Η περιοδικότητα στο χρόνο βόσκησης σε σχέση με την περιοδικότητα στην έκφραση πρωτεϊνών που συμβάλλουν στο μεταβολισμό των θρεπτικών συστατικών στο συκώτι.

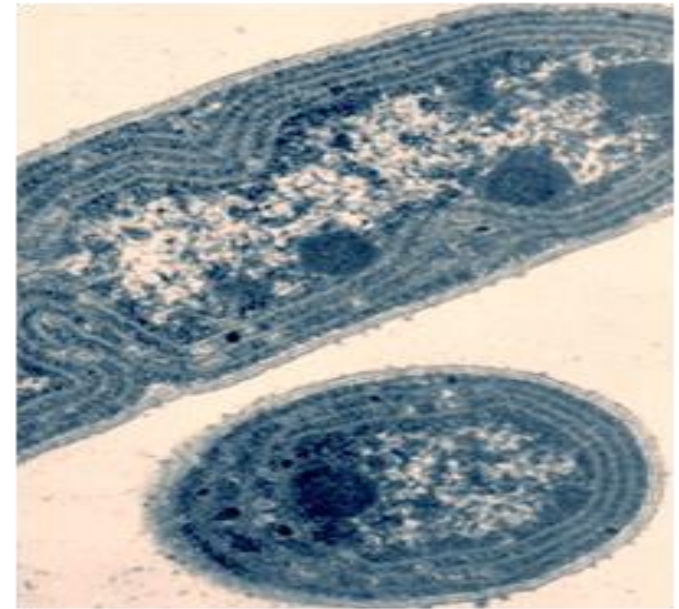


# Βιολογικοί Ρυθμοί: Προέλευση 1/2

Ο εντοπισμός βιολογικών ρυθμών και σε κυανοβακτήρια (π.χ. *Synechococcus elongatus*, στην εικόνα δίπλα) δείχνει:

- 1) Ότι οι ρυθμοί αυτοί είναι πολύ αρχαίοι
- 2) Ότι είναι αρκετά σημαντικοί και έντονα συντηρημένοι

Σύμφωνα με μια θεωρία οι πρώτοι βιολογικοί ρυθμοί σχετίζονται με την κυτταρική διαίρεση και την παρουσία χαμηλών επιπέδων οξυγόνου και λεπτού στρώματος όζοντος στην ατμόσφαιρα: Κατά συνέπεια η κυτταρική διαίρεση και ο διπλασιασμός του DNA είχε περισσότερες πιθανότητες επιτυχίας όταν γινόταν κατά τη διάρκεια της νύχτας, περίοδο όπου τα επίπεδα υπεριώδους ακτινοβολίας ήταν χαμηλά.



2





# Βιολογικοί Ρυθμοί: Προέλευση 2/2

Στην πορεία της εξέλιξης και δεδομένου ότι:

1) όλοι οι βιολογικοί ρυθμοί έχουν κοινούς βασικούς μηχανισμούς και

2) η βασική δομή οργάνωσης είναι σε μοριακό επίπεδο, πιστεύεται ότι η **ταχύτητα των βιολογικών αντιδράσεων δημιούργησε τους υπο-ημερήσιους ρυθμούς** οι οποίοι χαρακτήριζαν τα αρχέγονα κύτταρα.

**Κατόπιν η παρουσία φωτοευαίσθητων οργάνων ένωσε μια σειρά από πρωτόγονους μοριακούς υπο-ημερήσιους ρυθμούς σε ένα νυχθημερή ρυθμό.**



# Είδη Βιολογικών ρυθμών :

## Νυχθημερείς ρυθμοί 1/2

- Ο νυχθημερής ρυθμός εμφανίζει **περιοδικότητα 22-26 ωρών**
- Χαρακτηρίζεται από **αλλαγές μεταξύ περιόδων κινητικότητας και ηρεμίας.**
- Αν και υπάρχει ένα βασικό σύστημα νευρικών ρυθμίσεων που συντονίζει το νυχθημερή ρυθμό, η νευρο-ενδοκρινική ρύθμιση **εμφανίζει αποκλίσεις** που σχετίζονται με τη βιολογική κατάσταση του οργανισμού όπως η **ηλικία.**
- **Δεν είναι το μήκος της ημέρας ή το μήκος της νύχτας που επηρεάζει τους νυχθημερείς ρυθμούς.**



# Είδη Βιολογικών ρυθμών :

## Νυχθημερείς ρυθμοί 2/2

- Σημαντικό στοιχείο είναι η **στιγμή στην οποία έχουμε την εμφάνιση του φωτός**: Μικρά διαστήματα φωτισμού μπορούν να μιμηθούν την περίοδο της ημέρας (φωτός) αν συμβούν την κατάλληλη στιγμή κατά τη διάρκεια του νυχθημερή ρυθμού.
- Τρία στοιχεία της φωτοπεριόδου είναι σημαντικά: **Η ένταση του φωτός, το μήκος κύματος και η διάρκεια.**
- Παράδειγμα νυχθημερούς ρυθμού: **έκκριση της μελατονίνης**. Πληροφορίες σχετικά με τη **φωτοπερίοδο** μεταφέρονται μέσω της **οφθαλμο-υποθαλαμικής οδού** στον **υπερχιασματικό πυρήνα** και μετά στην **επίφυση** όπου μετατρέπονται από νευρικό σε ενδοκρινικό ερέθισμα και έκκριση της μελατονίνης.



# Είδη Βιολογικών ρυθμών :

## Υπερ-ημερήσιοι ρυθμοί 1/3

- Στους ρυθμούς αυτούς μπορούμε να κατατάξουμε **την αναπαραγωγή, τη μετανάστευση, τη χειμερία νάρκη, την αλλαγή στο τρίχωμα**: φυσιολογικοί μηχανισμοί που απαιτούν προετοιμασία του οργανισμού για αλλαγή στις περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Σε πολλές περιπτώσεις οι ρυθμοί αυτοί μπορούν να ονομαστούν **ετήσιοι ρυθμοί**.



# Είδη Βιολογικών ρυθμών :

## Υπερ-ημερήσιοι ρυθμοί 2/3

Η φωτοπερίοδος είναι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τους ρυθμούς αυτούς:

Εδώ διακρίνονται **3** χαρακτηριστικά:

- 1) Υπάρχει πάντα μια **περίοδος λανθάνουσας κατάστασης** πριν εμφανιστεί η φυσιολογική απόκριση στην αλλαγή της φωτοπεριόδου.
- 2) Η φυσιολογική απόκριση **δεν επηρεάζεται από την έκταση της φωτοπεριόδου αλλά από την κατεύθυνση της αλλαγής της φωτοπεριόδου.**
- 3) Ο μηχανισμός που καθορίζει τον υπερ-ημερήσιο ρυθμό πρέπει να είναι **αρκετά ικανός να διακρίνει τις περιβαλλοντικές αλλαγές από τις περιστασιακές αλλαγές** (νευροενδοκρινείς μεταβολές ή ασθένειες).



# Είδη Βιολογικών ρυθμών :

## Υπερ-ημερήσιοι ρυθμοί 3/3

- Για τα περισσότερα είδη η φυσιολογική απάντηση στις αλλαγές της φωτοπεριόδου είναι **ολοκληρωτική** και εκδηλώνεται με **αλλαγές που προκαλούνται με επιμήκηση της φωτοπεριόδου** σε σχέση με τη φωτοπερίοδο που προηγούνταν. Έτσι, **αυξανόμενη φωτοπερίοδος θα επιφέρει αλλαγές που σχετίζονται με την έλευση της άνοιξης, ενώ μειούμενη φωτοπερίοδος θα επιφέρει τις αντίθετες αλλαγές.**



# Υπερ-ημερήσιοι ρυθμοί : Αναπαραγωγικοί κύκλοι 1/2

Οι αναπαραγωγικοί κύκλοι βρίσκονται υπό ισχυρή επιλεκτική πίεση γιατί ακόμα και μικρές περιβαλλοντικές αλλαγές στην αρχή της εγκυμοσύνης μπορούν να μειώσουν τις πιθανότητες επιβίωσης.

Παράγοντες όπως:

- 1) η παρουσία τροφής**
- 2) η απουσία εχθρών**
- 3) ανταγωνισμός με άλλα είδη για τροφή**
- 4) κλιματικές συνθήκες**

Δημιουργούν ένα πλέγμα συνθηκών κάτω από τις οποίες πρέπει να εκτελεστεί ο αναπαραγωγικός κύκλος.



# Υπερ-ημερήσιοι ρυθμοί : Αναπαραγωγικοί κύκλοι 2/2

- Έτσι:

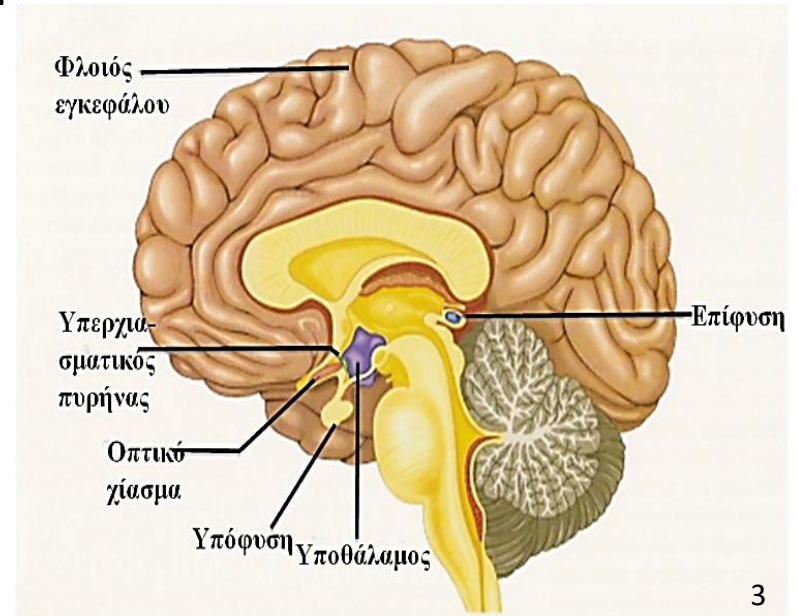
- 1) Ζώα με μικρούς αναπαραγωγικούς κύκλους ή κύκλους διάρκειας ενός έτους (άλογο), έχουν την αναπαραγωγική τους περίοδο συνήθως την άνοιξη
- 2) Ζώα με αναπαραγωγικούς κύκλους διάρκειας έξι μηνών (πρόβατο), έχουν την αναπαραγωγική τους περίοδο συνήθως το φθινόπωρο
- 3) Όταν έχουμε **εμβρυϊκή διάπαυση** (ελάφι: *Capreolus capreolus*) η **σύζευξη γίνεται το καλοκαίρι** και ακολουθείται από εμβρυϊκή διάπαυση και τον τοκετό μέχρι την άνοιξη.





# Δομές Βιολογικών ρυθμών : Υπερχιασματικός πυρήνας

- Ο υπερχιασματικός πυρήνας είναι μια μικρή περιοχή του εγκεφάλου που βρίσκεται ακριβώς επάνω από το οπτικό χίασμα.
- Έχει **κωνικό σχήμα** και **μέγεθος κόκκου ρυζιού**.
- Αποτελείται από νευρικά κύτταρα που εμφανίζουν **περιοδικότητα** στις νευρικές ώσεις τους και πληθώρα νευρικών συνδέσεων με άλλες περιοχές του **υποθαλάμου** και την **επίφυση**.
- Υπάρχουν περίπου 10000 νευρικά κύτταρα στον υπερχιασματικό πυρήνα του αρουραίου και τα κύτταρα αυτά εμφανίζουν παρόμοια περιοδικότητα δημιουργίας νευρικών ώσεων ακόμα και απομονωμένα σε τρυβλίο.

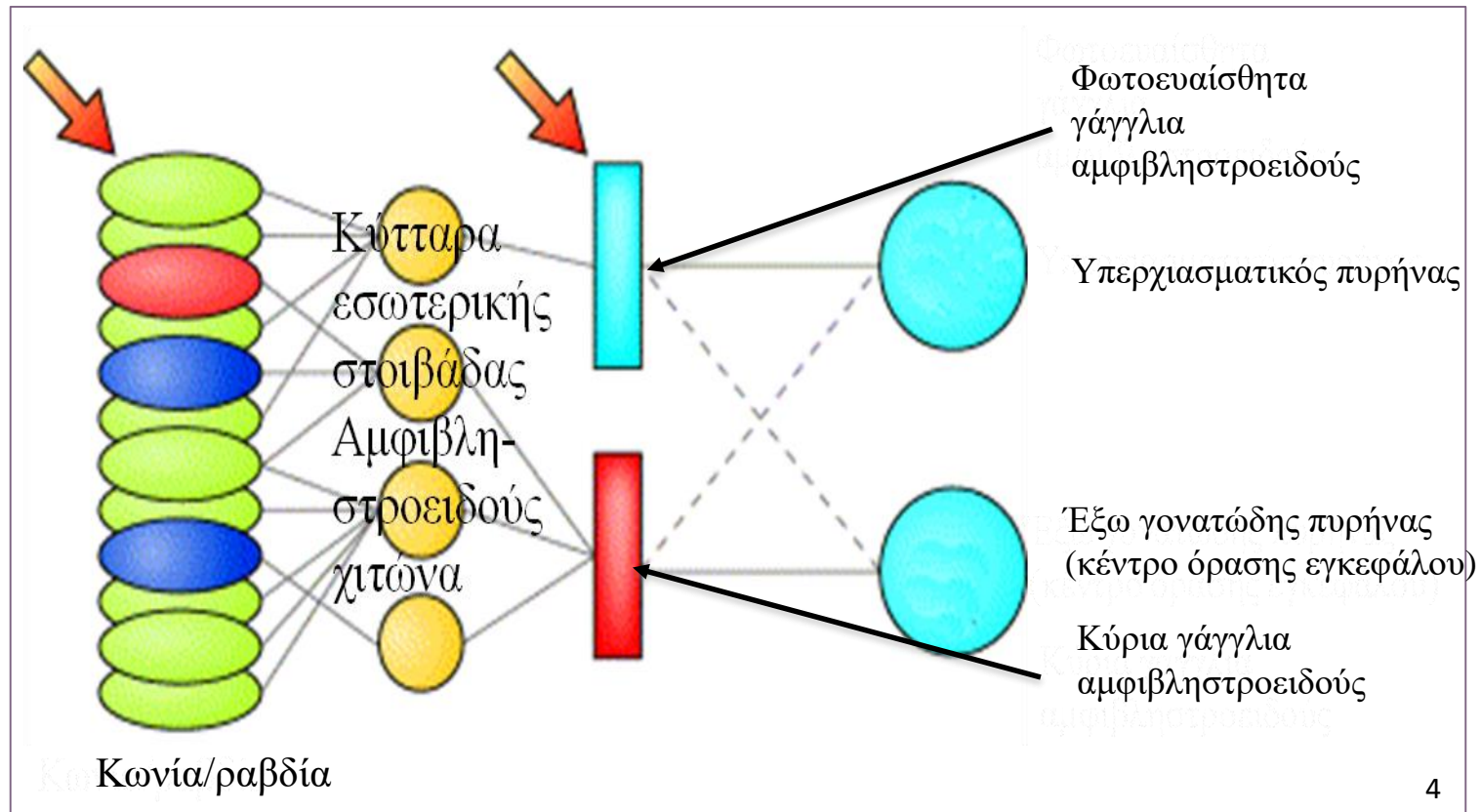


# Δομές Βιολογικών ρυθμών : Αμφιβληστροειδής χιτώνας 1/2

- Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας φέρει φωτοευαίσθητα νευρικά κύτταρα που ενεργοποιούνται από το φως μέσω της δράσης του διαμεμβρανικού υποδοχέα, **μελανοψίνη** (53 kDa στον άνθρωπο). Η ενεργοποίηση της μελανοψίνης προκαλεί έκκριση νευροδιαβιβαστών όπως το **γλουταμινικό οξύ** και το πολυπεπτίδιο, **PACAP**, σε νευρικές απολήξεις στον υπερχιασματικό πυρήνα και τον υποθάλαμο.
- **Με τον τρόπο αυτό έχουμε ρύθμιση της έκκρισης μελατονίνης μέσω του υποθαλάμου.**
- Τα ίδια νευρικά κύτταρα εκφράζουν τις πρωτεΐνες γνωστές ως **cryptochromes** που είναι **φλαβοπρωτεΐνες** που φέρουν τα χρωμοφόρα πτερίνη και **φλαβίνη** και διαμεσολαβούν στην έκφραση των γονιδίων που εμπλέκονται στους βιολογικούς ρυθμούς.



# Δομές Βιολογικών ρυθμών : Αμφιβληστροειδής χιτώνας 2/2



# Δομές Βιολογικών ρυθμών : Επίφυση – Χαρακτηριστικά 1/2

- Είναι **πιο αναπτυγμένη** σε ζώα των αρκτικών και εύκρατων περιοχών από ότι σε ζώα των τροπικών περιοχών.
- Η επίφυση **λείπει στην Ομοταξία Μυξίνοι**. Στα ζώα αυτά το ρόλο του υπερχιασματικού πυρήνα παίζει μια περιοχή του εγκεφάλου που λέγεται προ-οφθαλμικός πυρήνας.
- Στην **Ομοταξία Πετρόμυζοι, αντίθετα, η επίφυση υπάρχει** και χειρουργική αφαίρεσή της προκαλεί απώλεια στο νυχθημερή ρυθμό κινητικότητας.
- Σε κάποιους Ιχθύες, Ερπετά και Αμφίβια η επίφυση φέρει δομές που μοιάζουν με το φακό και τον αμφιβληστροειδή χιτώνα των οφθαλμών και πιστεύεται ότι λειτουργούν ως ένα τρίτο φωτοευαίσθητο όργανο.



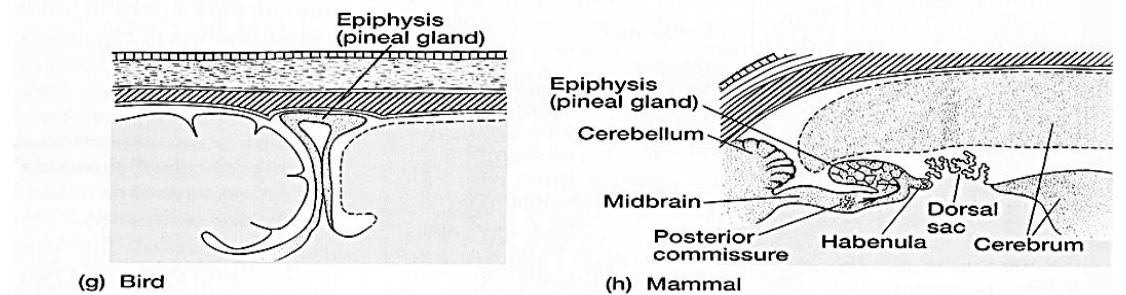
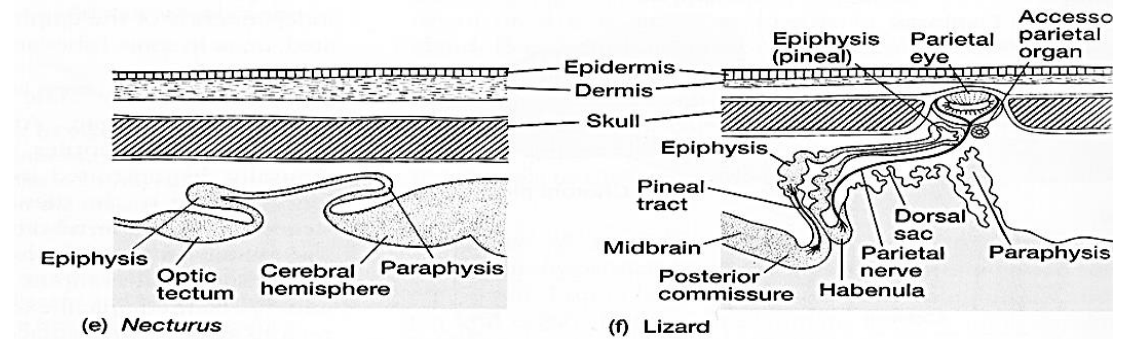
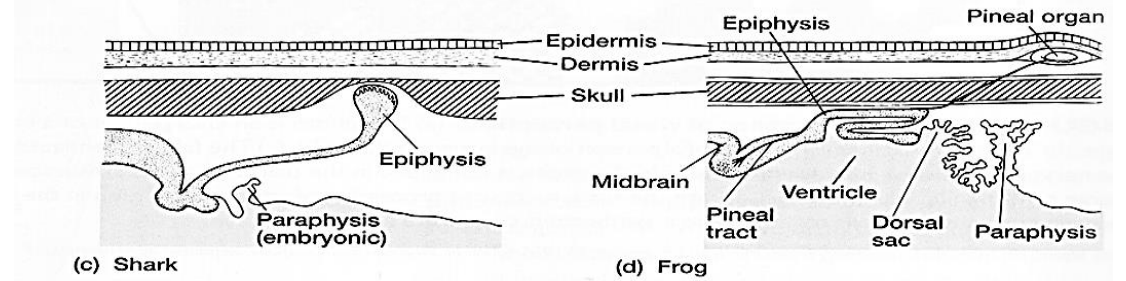
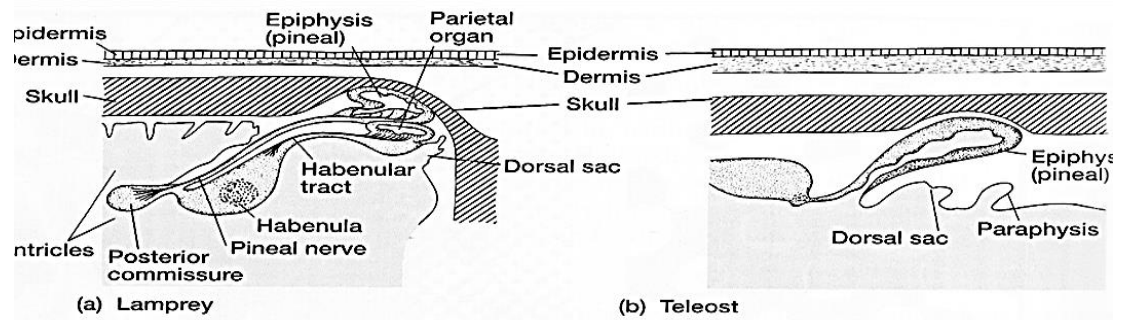
# Δομές Βιολογικών ρυθμών :

## Επίφυση – Χαρακτηριστικά 2/2

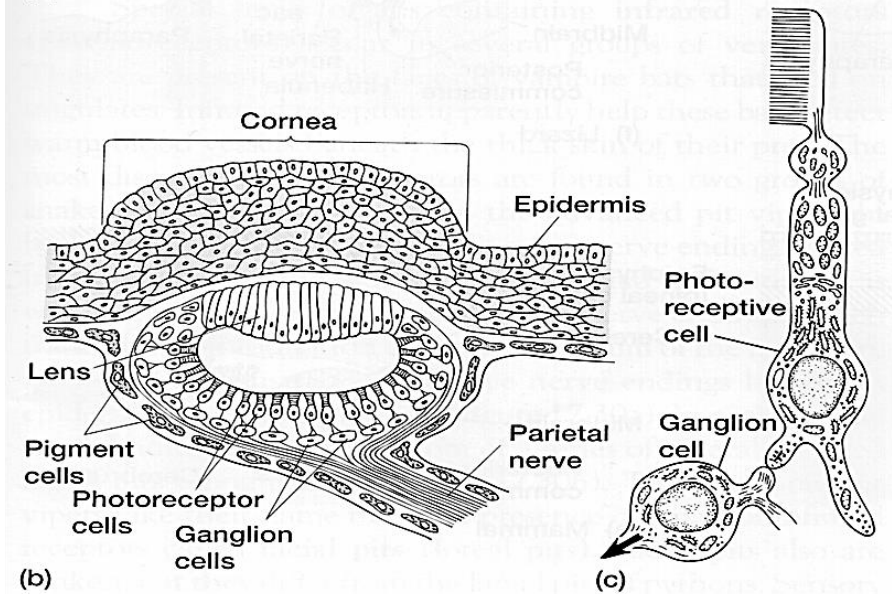
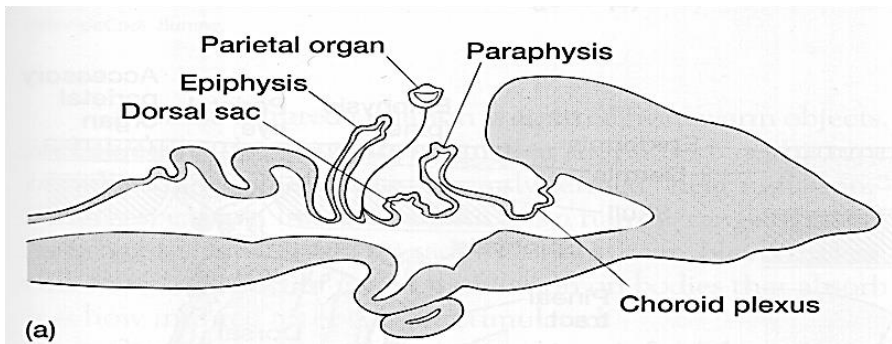
- Ειδικότερα, κάποια Ερπετά φέρουν **φωτοϋποδοχείς**, που ενεργοποιούνται με νυχθημερή ρυθμό, στην **επίφυσή** τους καθώς και στο **παρακωναριοειδές όργανο (parietal eye)** και στον **εγκέφαλο**. Οι υποδοχείς αυτοί εμφανίζουν σημαντική εφεδρεία στη δράση τους.
- Π.χ., το ερπετό *Iguana iguana* εμφανίζει ημερήσια **περιοδικότητα στη θερμοκρασία του σώματος, την έκκριση μελατονίνης και την κινητικότητα**. Αφαίρεση της επίφυσης και του παρακωναριοειδούς οργάνου εξαφανίζει την περιοδικότητα στη θερμοκρασία του σώματος και την έκκριση μελατονίνης αλλά όχι στην κινητικότητα.



# Η επίφυση σε διάφορα Σπονδυλόζωα



# Η επίφυση και το παρακωναριοειδές όργανο



6



7



# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα μέτρησης – Οργάνωση 1/2

Στα Σπονδυλόζωα το σύστημα αυτό αποτελείται από 3 στοιχεία:

- 1) Το μηχανισμό συλλογής πληροφορίας από το περιβάλλον
- 2) Το μηχανισμό του «εσωτερικού ρολογιού»
- 3) Το μηχανισμό μεταφοράς της πληροφορίας στους ιστούς

Η πληροφορία από το περιβάλλον (φως) → οφθαλμοί → υπερχιασματικός πυρήνας \*

Ο υπερχιασματικός πυρήνας δεν είναι μόνο κέντρο συλλογής πληροφορίας, αλλά και **αυτο-συντηρούμενος μηχανισμός εσωτερικού ρολογιού** ακόμα και εν τη απουσία ρυθμικής πληροφόρησης από το περιβάλλον.

\* **Νευροδιαβιβαστές** (γλουταμινικό οξύ, GABA, σεροτονίνη, νευροπεπτίδιο Υ) **ρυθμίζουν τις λεπτομέρειες της μεταφοράς** της πληροφορίας από το περιβάλλον.





# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα μέτρησης – Οργάνωση 2/2

- Ο υπερχιασματικός πυρήνας μεταφέρει τις πληροφορίες στο υπόλοιπο σώμα μέσω **ενδοκρινικών** και **νευρικών** μονοπατιών.
- Μέσω των ενδοκρινικών μονοπατιών τουλάχιστον **3 πρωτεΐνες** εκκρίνονται από τον υπερχιασματικό πυρήνα και ρυθμίζουν τη **θερμοκρασία του σώματος** και την **κινητικότητα**: Η βασοπρεσίνη, ο μεταμορφωτικός αυξητικός παράγοντας  $\alpha$  (TGF- $\alpha$ ) και την προκινετισίνη 2.
- Μέσω **νευρικών** συνδέσεων ο υπερχιασματικός πυρήνας μεταφέρει πληροφορίες στην **επίφυση**, την **καρδιά**, τα **επινεφρίδια**, το **πάγκρεας** αλλά και άλλες περιοχές του **εγκεφάλου** σχετικά με τη φωτοπερίοδο.



# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα μέτρησης – Μοριακή δομή 1/4

- Μια σειρά συνδεόμενων μηχανισμών **θετικής** και **αρνητικής ανάδρασης**, στο επίπεδο της μεταγραφής και της μετάφρασης, παράγουν την κυτταρική ταλάντωση και περιοδικότητα δράσης των κυττάρων του υπερχιασματικού πυρήνα.
- **Θετική ανάδραση** παρέχεται από δύο μεταγραφικούς παράγοντες: τους **Clock** (circadian locomotor output cycle kaput) (95 kDa στον άνθρωπο) και **Bmal1** (brain and muscle ARNT (Aryl hydrocarbon Receptor Nuclear Translocator)-like protein 1) (68 kDa στον άνθρωπο).



# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα μέτρησης – Μοριακή δομή 2/4

- Οι δύο αυτές πρωτεΐνες βρίσκονται στον πυρήνα σαν ετεροδιμερές μόριο και τα μέγιστα επίπεδα έκφρασής τους έχουν βρεθεί στην αρχή της φωτοπεριόδου.
- προσδέονται σε μια περιοχή του DNA γνωστή ως **E-box (CACGTG)**.
- ενεργοποιούν κατά τη διάρκεια της φωτοπεριόδου τη μεταγραφή των γονιδίων ***per1*, *per2*, *cry1*** και ***cry2*** τα προϊόντα των οποίων αυξάνονται στη διάρκεια της ημέρας .
- Οι πρωτεΐνες, που εκφράζονται από τα γονίδια αυτά, με τη σειρά τους προσδέονται με την κινάση της καζεΐνης.
- και μετακινούνται στο πυρήνα όπου προκαλούν απενεργοποίηση της μεταγραφικής ενεργότητας των γονιδίων τους (**αρνητική ανάδραση**).
- Έτσι τα επίπεδα του προϊόντος του γονιδίου ***Bmal1*** βρίσκονται σε **αντίθετη φάση** με τα επίπεδα του προϊόντος του γονιδίου ***per2***.



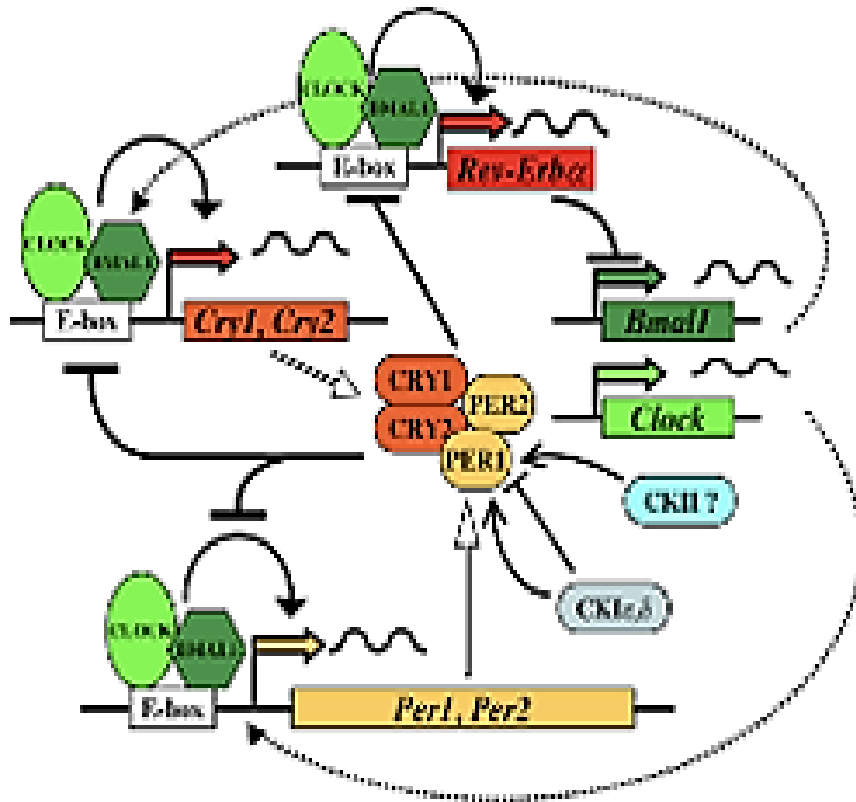
# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα μέτρησης – Μοριακή δομή 3/4

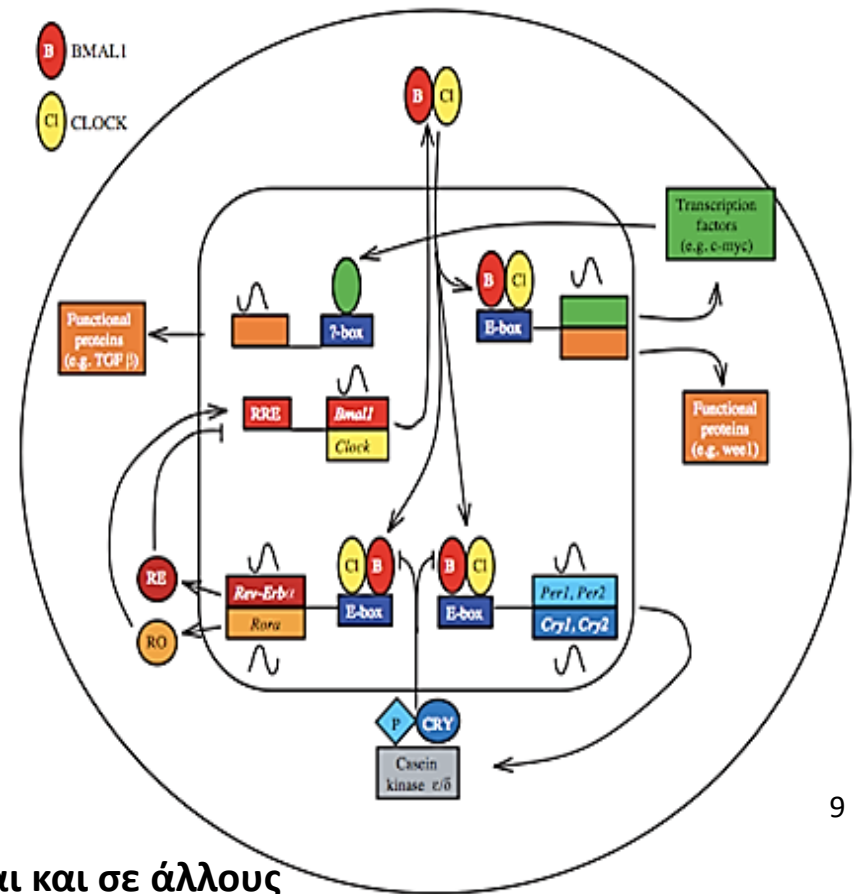
- Επίσης έχει βρεθεί και ένα δεύτερο ρυθμιστικό μονοπάτι ανάδρασης:
- Ο «ορφανός» πυρηνικός υποδοχέας-καταστολέας έκφρασης **Rev-erba** επηρεάζει με μονοπάτια θετικής και αρνητικής ανάδρασης την έκφραση των πρωτεϊνών **Clock** και **Bmal1**.
- Ο **Rev-erba** ανταγωνίζεται με τον «ορφανό» υποδοχέα **ROR** (retinoic acid-related orphan receptor) για πρόσδεση σε ROR-ανταποκρινόμενα στοιχεία (RREs) στον υποκινητή του γονιδίου **Bmal1**.
- Οι πρωτεΐνες **Clock** και **Bmal1** ενεργοποιούν άμεσα την έκφραση του **Rev-erba** αλλά έκφραση του τελευταίου οδηγεί σε καταστολή της έκφρασης του **Bmal1** και έτσι έχουμε ταλάντωση των επιπέδων των πρωτεϊνών αυτών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα....



# Βιολογικοί Ρυθμοί: Σύστημα μέτρησης – Μοριακή δομή 4/4



8



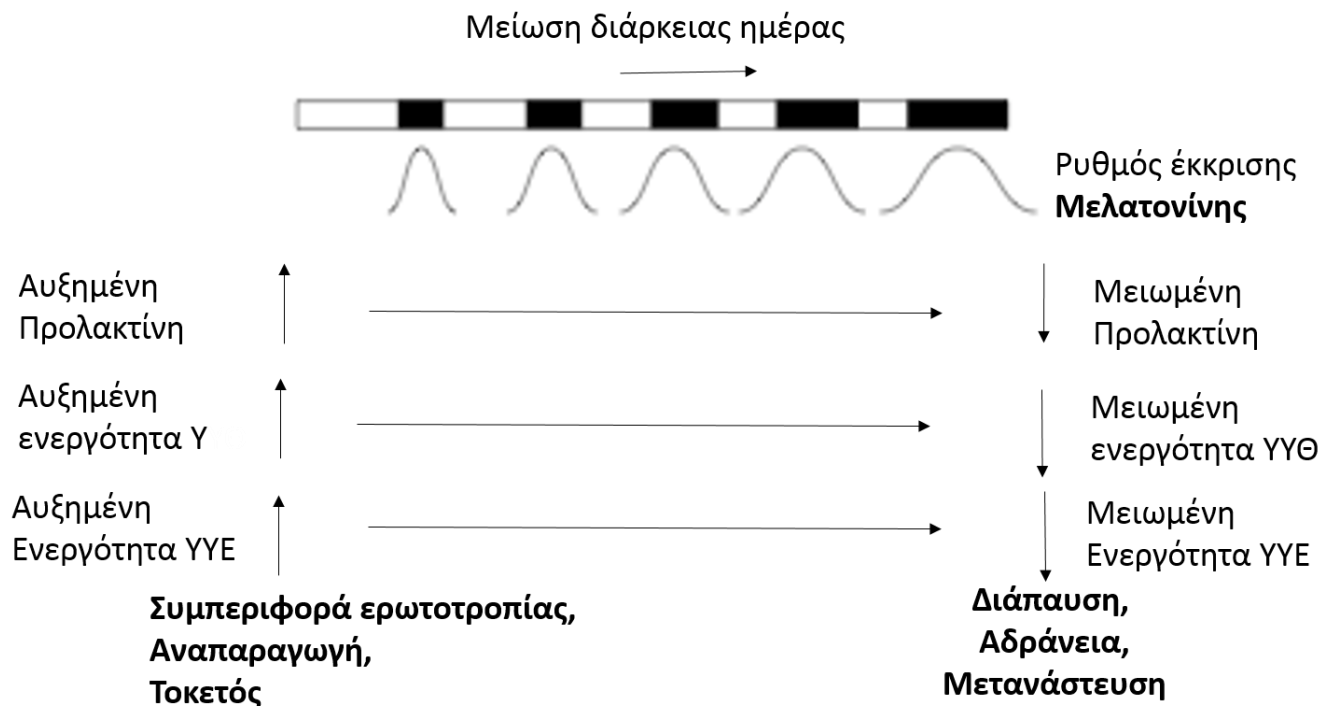
9

Τα γονίδια που εμφανίζονται στο σχήμα **εκφράζονται και σε άλλους ιστούς και κύτταρα** εκτός από τον υπερχιασματικό πυρήνα.



# Βιολογικοί Ρυθμοί: Σύστημα ρύθμισης – Ετήσιοι Ρυθμοί 1/2

Υποθάλαμος-υπόφυση-θυρεοειδής αδένας (ΥΥΘ) και  
Υποθάλαμος-υπόφυση-επινεφρίδια (ΥΥΕ)  
ρυθμίζουν τους ετήσιους κύκλους όπως φαίνεται στο σχήμα



10



# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα ρύθμισης – Ετήσιοι Ρυθμοί 2/2

- Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα οι ορμόνες του **θυρεοειδούς αδένος** και τα **γλυκοκορτικοειδή** ρυθμίζουν την κατανομή των ενεργειακών αναγκών εκεί όπου χρειάζονται. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνονται **μακροχρόνιες προσαρμοστικές αλλαγές** στη χρήση και δαπάνη ενέργειας και στη θερμορρύθμιση.
- Στα Σπονδυλόζωα, η **Προλακτίνη** παίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση εποχιακών συμπεριφορών: Σε ένα καλά μελετημένο παράδειγμα, τον **κρικητό** (χάμστερ) της Σιβηρίας (**Phodopus sungorus**), η **Προλακτίνη** παρεμποδίζει την εμφάνιση της ημερήσιας αδράνειας όταν αρχίζει να μειώνεται το μήκος της φωτοπεριόδου. Στο είδος αυτό η αδράνεια εμφανίζεται με **μείωση της θερμοκρασίας του σώματος** από 37°C σε 18-25°C, καθημερινά, και διαρκεί 4-8 ώρες.



# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα ρύθμισης – Αναπαραγωγικοί ρυθμοί 1/2

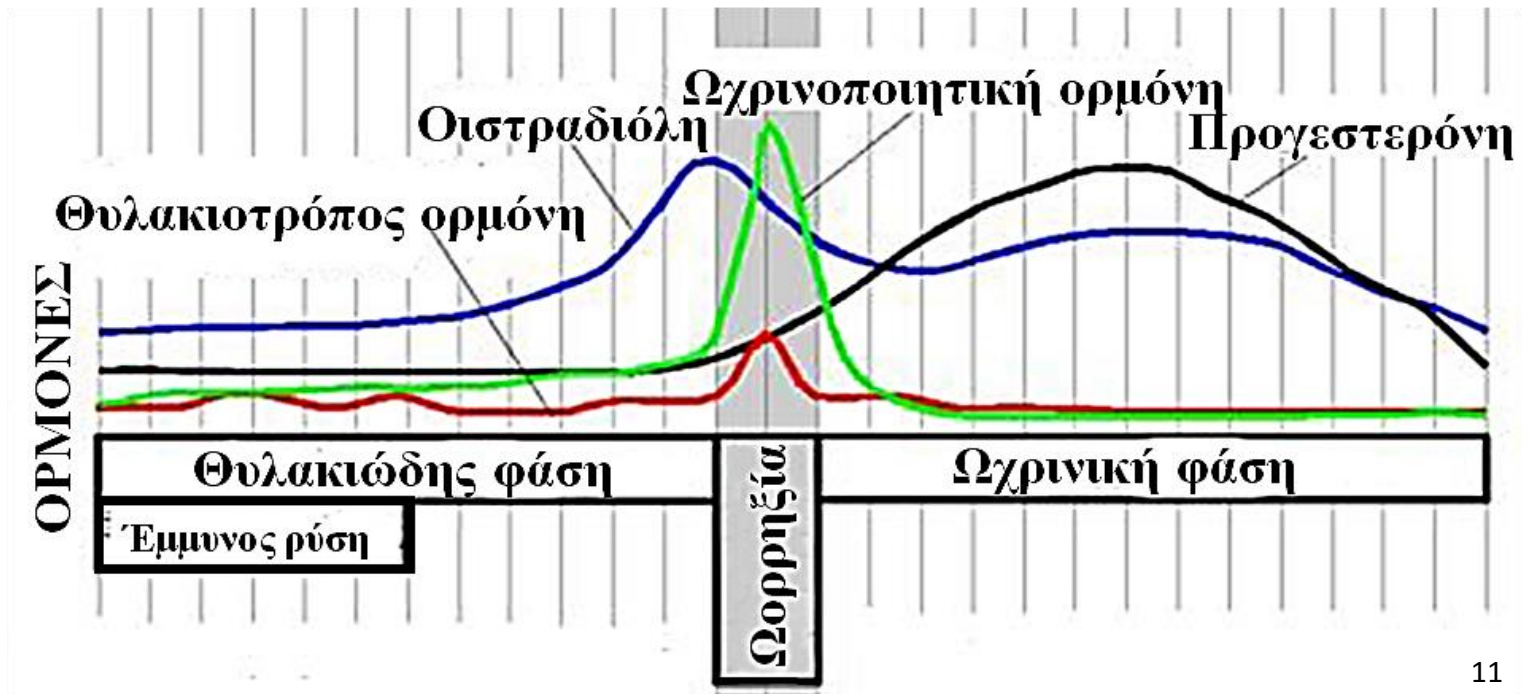
- Κατά τη διάρκεια ωρίμανσης του ωοθυλακίου τα επίπεδα της **οιστραδιόλης** συνεχώς αυξάνονται και έχουμε παλμικές εκκρίσεις της **Ωχρινοποιητικής ορμόνης (LH)**.
- Στο τέλος της Θυλακιώδους φάσης έχουμε **αλλαγή από παρεμπόδιση** της έκκρισης του **εκλυτικού παράγοντα των γοναδοτροπινών σε διέγερση** της έκκρισής του που οδηγεί σε αύξηση των επιπέδων της **LH**.
- Πειράματα σε ποντίκια και αρουραίους έδειξαν ότι η **LH** φτάνει στα υψηλότερα επίπεδά της στις 16:00 (ώρα) και η ωορρηξία ακολουθεί τα μεσάνυκτα.
- Αν παρεμποδιστεί τότε η έκκριση της **LH**, θα συμβεί την επόμενη ημέρα ακριβώς την ίδια ώρα πράγμα που αποδεικνύει την ύπαρξη νυχθημερή ρυθμού έκκρισης της **LH**.
- **Γονίδια** που σχετίζονται με τους νυχθημερείς ρυθμούς έχουν βρεθεί στους ωαγωγούς και τη μήτρα αλλά ο ρόλος τους δεν είναι διευκρινισμένος.





# Βιολογικοί Ρυθμοί:

## Σύστημα ρύθμισης – Αναπαραγωγικοί ρυθμοί 2/2



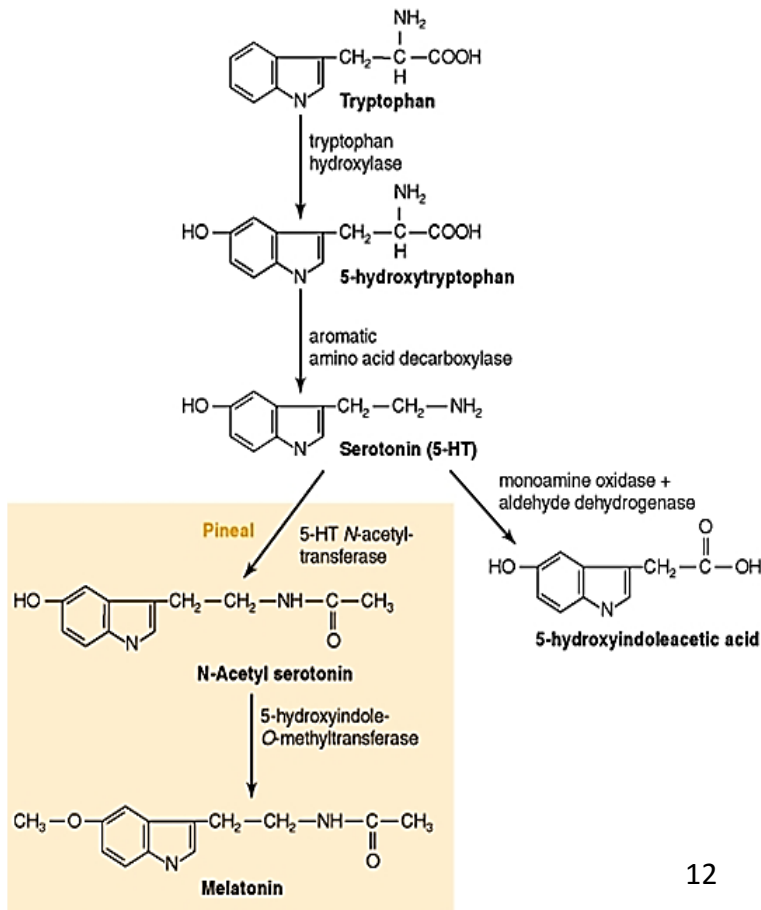
# Βιολογικοί Ρυθμοί: Ορμόνες – Μελατονίνη 1/2

Η μελατονίνη συντίθεται στην **επίφυση** από τη σεροτονίνη μέσω της δράσης 2 ενζύμων:

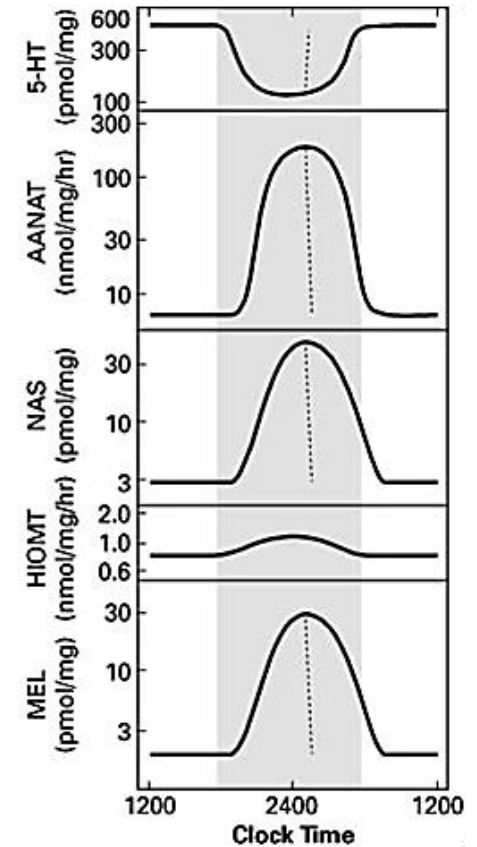
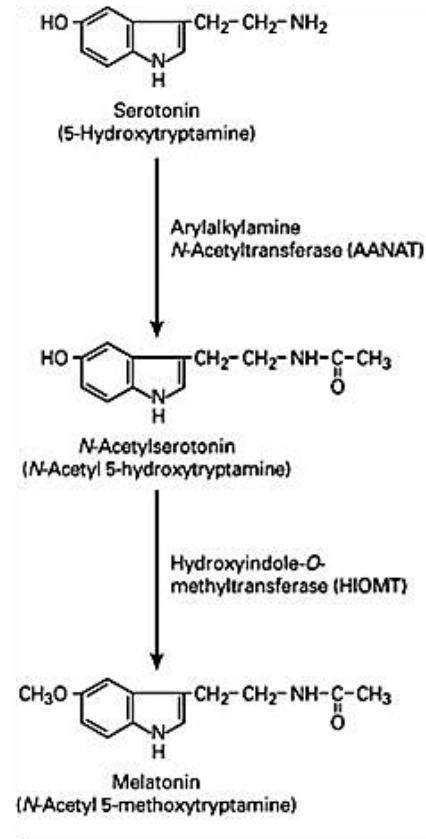
- της **N-ακετυλτρανσφεράσης της σεροτονίνης (AANAT)**
- και της **υδροξυ-ινδολο-O-μεθυλτρανσφεράσης (HIOMT)**.  
Τα δύο αυτά ένζυμα εμφανίζουν διακύμανση της έκφρασης τους στην επίφυση μέσα στο 24ωρο.



# Βιολογικοί Ρυθμοί: Ορμόνες – Μελατονίνη 2/2



12



13



# Βιολογικοί Ρυθμοί: Ορμόνες

## Μελατονίνη – Χαρακτηριστικά δράσης 1/2

- Εξελικτικά και καθώς η μελατονίνη εμφανίζει **αντιοξειδωτική δράση**, θεωρείται ότι **σχετικά πρόσφατα** άρχισε να χρησιμοποιείται από τα ζώα στους βιολογικούς τους ρυθμούς.
- Η παρουσία ή απουσία του ενζύμου **AANAT** σε άλλους οργανισμούς δείχνει ότι η περιοδική σύνθεση της μελατονίνης είναι **χαρακτηριστικό των Μεταζώων** μετά το διαχωρισμό του βασιλείου των ζώων και των μυκήτων.
- **Σχεδόν σε όλα τα Θηλαστικά** έχουμε **αύξηση έκκρισης μελατονίνης στη διάρκεια της νύχτας**.



# Βιολογικοί Ρυθμοί: Ορμόνες

## Μελατονίνη – Χαρακτηριστικά δράσης 2/2

- **3 τύποι έκκρισης μελατονίνης:**
  - I) Αμέσως μετά τη σκοτοπερίοδο (Κρηκίτος)
  - II) Στα μέσα της σκοτοπεριόδου (Άνθρωπος, Αρουραίος)
  - III) Σε όλη τη σκοτοπερίοδο (Πρόβατο)
- **Αύξηση της σκοτοπεριόδου φέρει αύξηση της διάρκειας του υψηλότερου σταδίου έκκρισης της μελατονίνης και δίνεται έτσι στο ζώο μια ενδοκρινική αναπαράσταση της εποχής.**
- **Έχουν βρεθεί 3 τύποι υποδοχέων της μελατονίνης. Οι υποδοχείς της μελατονίνης δεν έχουν βρεθεί στα Κεφαλοχορδωτά και του Μυξίνους που δεν έχουν επίφυση.**



# Βιολογικοί Ρυθμοί: Ορμόνες

## Μελατονίνη – Φυσιολογικοί Ρόλοι 1/2

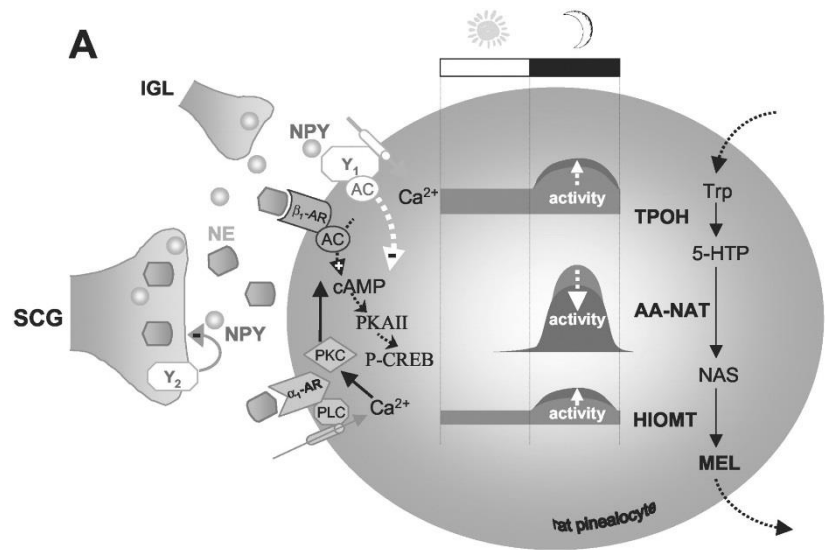
- Τα κύτταρα της επίφυσης λαμβάνουν ένα σημαντικό αριθμό πληροφοριών μέσω των υποδοχέων που εκφράζουν (αδρενεργικοί υποδοχείς, υποδοχείς για το νευροπεπτίδιο Υ, υποδοχείς βασοπρεσσίνης, υποδοχείς γλουταμινικού οξέος, κ.α.)
- Η **Μελατονίνη** έχει βρεθεί να παίζει σημαντικό ρόλο στους αναπαραγωγικούς κύκλους: Χορήγηση μελατονίνης στον **υποθάλαμο** και την **υπόφυση** των προβάτων έδειξε ότι η μελατονίνη αυξάνει τα επίπεδα της **Θυλακιοτρόπου ορμόνης (FSH)** και μειώνει τα επίπεδα της **Προλακτίνης** και την εμφάνιση **χειμερινού τριχώματος**. Η **Μελατονίνη** επιδρά άμεσα στο νυχθημερή ρυθμό έκκρισης του **εκλυτικού παράγοντα των γοναδοτροπινών (GnRH)**.



# Βιολογικοί Ρυθμοί: Ορμόνες Μελατονίνη – Φυσιολογικοί Ρόλοι 2/2

Η **Μελατονίνη** επηρεάζει επίσης άμεσα:

- Τα επίπεδα **Προλακτίνης** μειώνοντάς τα.
- Τα επίπεδα **Γλυκοκορτικοειδών** δρώντας **άμεσα στα επινεφρίδια** και μειώνοντας την έκκριση των ορμονών αυτών.
- Τα επίπεδα **Θυροξίνης** μειώνοντάς τα μέσω δράσης στην υπόφυση.



14



# Βιολογικοί ρυθμοί & Φυσιολογικές προσαρμογές





# Μηχανισμοί βιολογικής Αδράνειας

## Χαρακτηριστικά Αδράνειας (torpor) στα Θηλαστικά

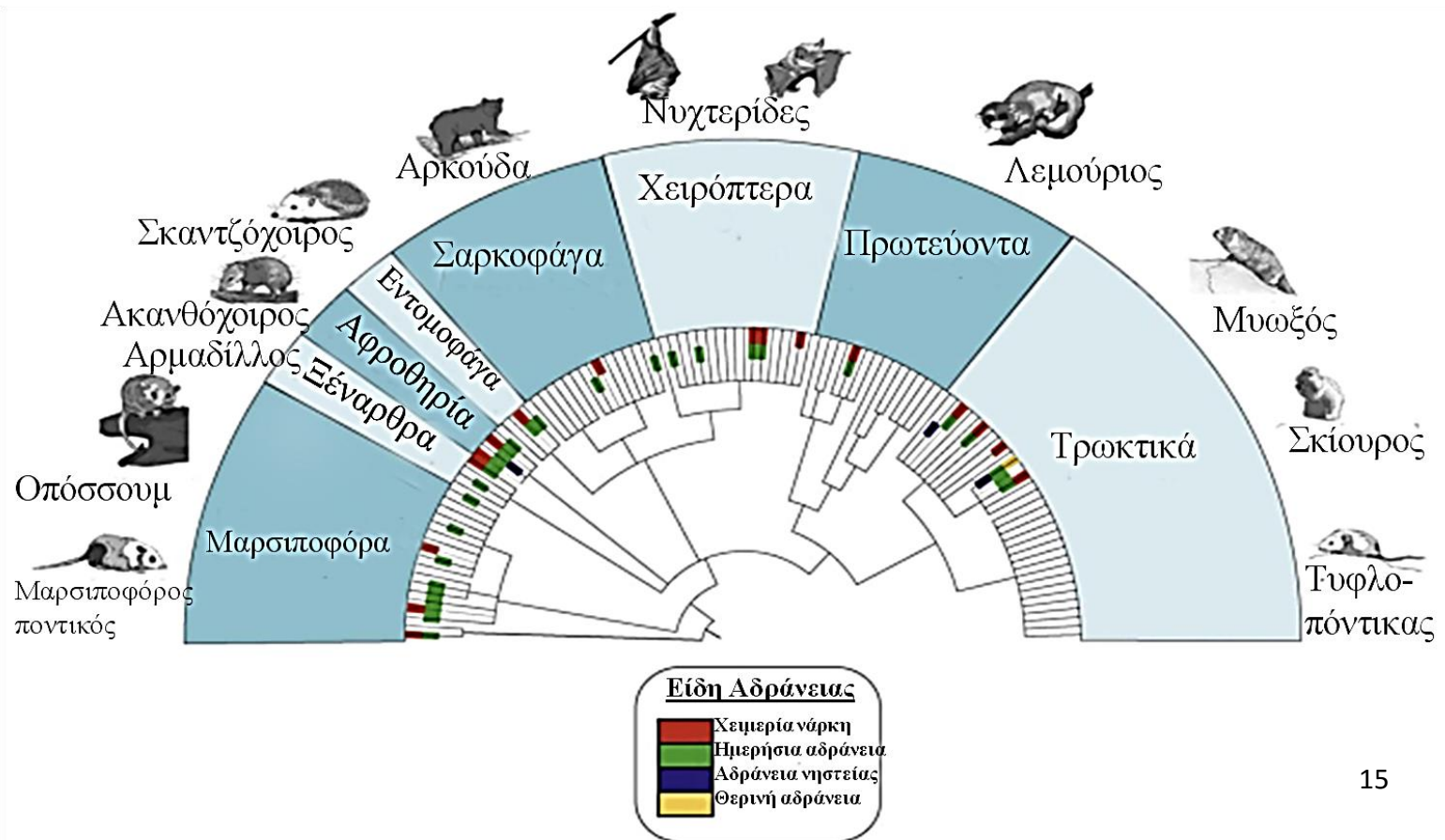
### Είδη Αδράνειας στα Θηλαστικά

| Είδος Αδράνειας                 | Χαρακτηριστικά   | Παραδείγματα ειδών      |                      |   |                                 |                           |
|---------------------------------|--|-------------------------|----------------------|---|---------------------------------|---------------------------|
|                                 |  | Τάξεις Θηλαστικών       | Κοινά ονόματα        | Γένος-Είδος                               | Εύρος θερμοκρασίας σώματος (°C) | Εύρος διάρκειας αδράνειας |
| Ήπια ή ημερήσια αδράνεια        | Θερμοκρασία σώματος: 10-25 °C/<br>Αδράνεια < 1 ημέρα       | Μαρσιποφόρα             | Οπόσσομ              | Tarsipes rostratus                        | 5-25                            | 1.5-20 ώρες               |
|                                 |  | Εντομοφάγα<br>Σαρκοφάγα | Μυγαλή<br>Μουστελίδα | Crocidura suaveolens<br>Mephitis mephitis | 18-22<br>28-28.4                | 3-8 ώρες<br>9-22 ώρες     |
|                                 |  | Τρωκτικά                | Κρικητός             | Phodopus sungorus                         | 12-22                           | 5-20 ώρες                 |
| Βαθιά αδράνεια ή χειμέρια νάρκη | Θερμοκρασία σώματος < 10 °C/<br>Αδράνεια > 1 ημέρα         | Μαρσιποφόρα             | Οπόσσομ              | Cercartetus nanus                         | 1.3-6                           | 6-23 ημέρες               |
|                                 |  | Εντομοφάγα              | Σκαντζόχοιρος        | Erinaceus europaeus                       | 5.4-15                          | 5-10 ημέρες               |
|                                 |  | Νυχτερίδες              | Καφέ Νυχτερίδα       | Myotis lucifugus                          | 1.3-9                           | 10-40 ημέρες              |
|                                 |  | Σαρκοφάγα               | Αρκούδα              | Ursus americana                           | 28.4-32.3                       | 45 ημέρες                 |
|                                 |  | Τρωκτικά                | Σκίουρος             | Spermophilus parryii                      | (-2.9)-7.5                      | 5-33 ημέρες               |
| Πρωτεύοντα                      | Λεμούριος  | Cheirogaleus medius     | 9.3-30               | 7-30 ημέρες                               |                                 |                           |
| Θερινή νάρκη (estivation)       | Θερμοκρασία σώματος < 30 °C/<br>Αδράνεια: Ημέρες-εβδομάδες | Τρωκτικά                | Μυωξός               | Glis glis                                 | 25                              | >21 ώρες                  |



# Μηχανισμοί βιολογικής Αδράνειας

## Διασπορά της Αδράνειας σε τάξεις Θηλαστικών



15



# Μηχανισμοί βιολογικής Αδράνειας

## Παραλλαγές της Αδράνειας σε άλλα Ζώα

| Είδη Αδράνειας σε Ασπόνδυλα και Ερπετά |  |   |
|--|--|---|
| Είδος Αδράνειας                        | Περιγραφή  | Παράδειγμα οργανισμού   |
| <b>Διάπαυση</b>                        | Αναστολή ανάπτυξης ως απάντηση σε ακατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες που προκαλούν απουσία τροφής                | Νηματώδεις ( <i>Caenorhabditis elegans</i> )<br>Έντομα ( <i>Drosophila</i> , <i>Lymantria</i> )<br>Τροχοφόρα ( <i>Brachionus plicatilis</i> )<br>Δακτυλιοσκώληκες ( <i>Lumbricus terrestris</i> )<br>Καρκινοειδή ( <i>Artemia franciscana</i> )<br>Γαστερόποδα ( <i>Helix pomatia</i> ) |
| <b>Θερινή αδράνεια</b>                 | Αναστολή μεταβολισμού ως απάντηση σε υψηλές θερμοκρασίες και απουσία νερού   | Δίπνοοι ( <i>Prototerus</i> spp.)<br>Σαλαμάνδρες ( <i>Siren lacertian</i> )<br>Γαστερόποδα ( <i>Otala lactea</i> )  |
| <b>Αδράνεια ερπετών (Brumation)</b>    | Περίοδος μειωμένου μεταβολισμού και μειωμένης κινητικότητας ως απάντηση σε χαμηλές θερμοκρασίες και απουσία τροφής | Φίδια ( <i>Agkistrodon leucostoma</i> )<br>Σαύρες ( <i>Sceloporus occidentalis</i> )  |
| <b>Ανυδροβίωση</b>                     | Κατάσταση πλήρους αναστολής μεταβολισμού υπό άνυδρες συνθήκες που ανατρέπεται με παρουσία νερού                    | Έντομα (Μύγα <i>Polypedium vanderplanki</i> )   |
| <b>Αναεροβίωση</b>                     | Μείωση μεταβολισμού ως απάντηση σε συνθήκες υποξίας  | Καρκινοειδή ( <i>Daphnia</i> )<br>Έντομα ( <i>Drosophila</i> )<br>Νηματώδεις ( <i>Caenorhabditis elegans</i> )  |



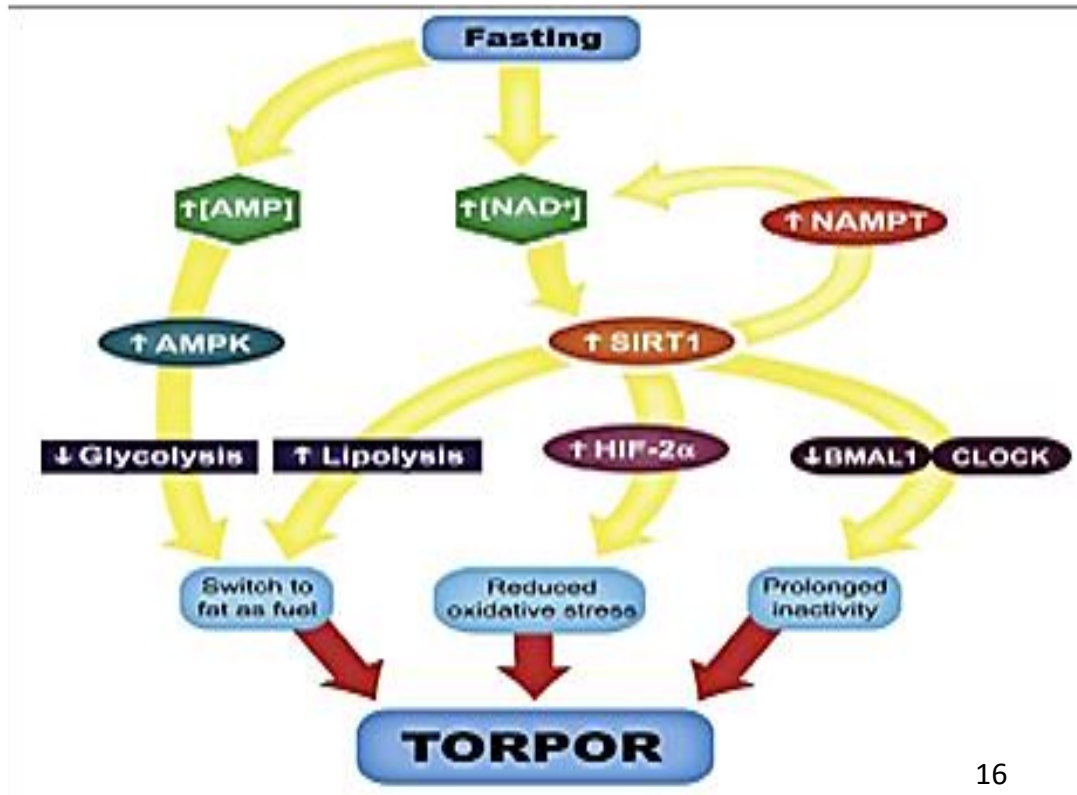
# Μηχανισμοί βιολογικής Αδράνειας

## συνέχεια ...

- Η νηστεία αυξάνει τους λόγους  $[AMP]/[ATP]$  και  $[NAD^+]/[NADH]$  και οδηγεί σε αλλαγή του μεταβολισμού προς την κατανάλωση των ενεργειακών αποθεμάτων λίπους.
- Εκτός από την ισομορφή 4 της κινάσης της πυροσταφυλικής αφυδρογονάσης (**PDK4**), **νεότερα δεδομένα** δείχνουν ότι τα ένζυμα: φωσφοριβοσυλτρανσφεράση του νικοτιναμιδίου (**Nampt**), απο-ακετυλάση που ενεργοποιείται από το  $NAD^+$  (**SIRT1**), κινάση που ενεργοποιείται από την AMP (**AMPK**), και ο παράγοντας που σχετίζεται με την υποξία (**HIF-2a**) παίζουν ρόλο στη σύνδεση του νυχθημερή ρυθμού με την έναρξη της περιόδου αδράνειας (όπως φαίνεται στο παρακάτω μοντέλο).



# Μηχανισμοί βιολογικής Αδράνειας μοντέλο



16

- Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η πρωτεΐνη **SIRT1** παρεμποδίζει τη δημιουργία του συμπλόκου **Bmal1-Clock** και προκαλεί αναστολή έκφρασης των γονιδίων **Per** και **Cry** και σταμάτημα του νυχθημερή ρυθμού.



# Μηχανισμοί βιολογικής Αδράνειας

## 1/2

- Η Αδράνεια (torpor) είναι ο μηχανισμός ελεγχόμενης μείωσης του μεταβολικού ρυθμού, της θερμοκρασίας του σώματος και της δραστηριότητας των **Θηλαστικών** σε περιόδους χαμηλής παρουσίας τροφής.

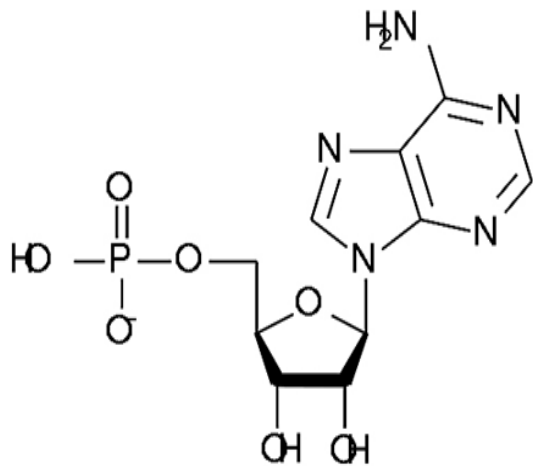
**Η αδράνεια σχετίζεται άμεσα με την παρουσία διαθέσιμης τροφής γιατί:**

- Πειράματα σε ποντίκια έδειξαν ότι νηστεία (περιορισμένη διατροφή) επιφέρει αδράνεια.
- Τρωκτικά όπως ο *Tamias striatus* που αποθηκεύουν τροφή πριν τη χειμερία νάρκη έχουν 5-10°C υψηλότερη θερμοκρασία σώματος στη χειμερία νάρκη όταν έχουν αποθηκεύσει τροφή σε σχέση με το αν δεν έχουν αποθηκεύσει αρκετή τροφή.
- Τόσο η αδράνεια, όσο και η χειμερία νάρκη συνοδεύονται από περιορισμένη κατανάλωση τροφής ή νηστεία λίγο πριν την έναρξη τους.
- Το επίπεδο παρουσίας θρεπτικών συστατικών στο σώμα εκφράζεται μέσω των πηλίκων  $[AMP]/[ATP]$  και  $[NAD^+]/[NADH]$  ([οξειδωτικός παράγων]/[αναγωγικός παράγων]).



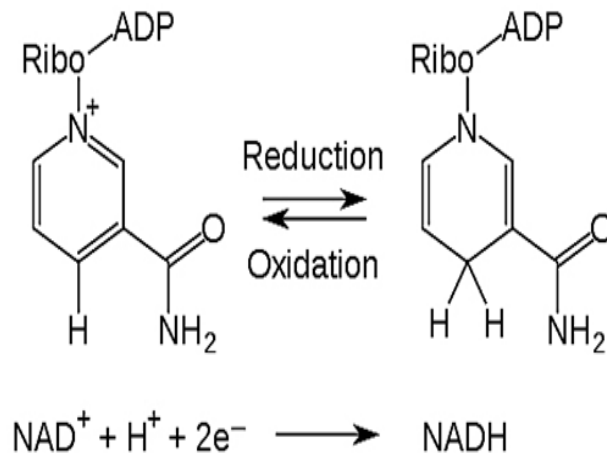
# Μηχανισμοί βιολογικής Αδράνειας

## 2/2



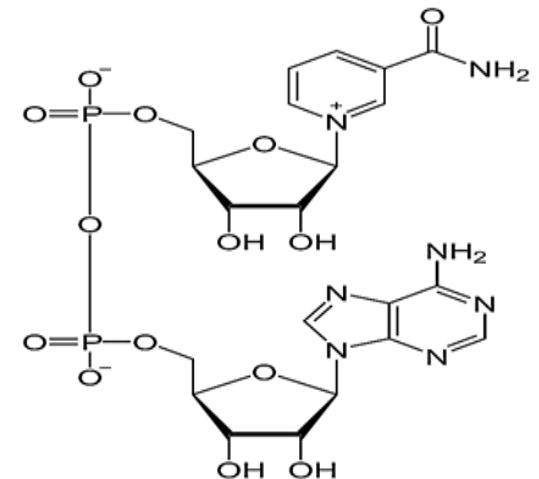
Μονοφωσφορική αδενοσίνη  
(AMP)

17



Αντίδραση μετατροπής  $\text{NAD}^+$  σε  $\text{NADH}$

18



Νικοτιναμιδο αδενο  
δινουκλεοτίδιο ( $\text{NAD}^+$ )

19



# Μηχανισμοί Χειμερίας Νάρκης 1/3

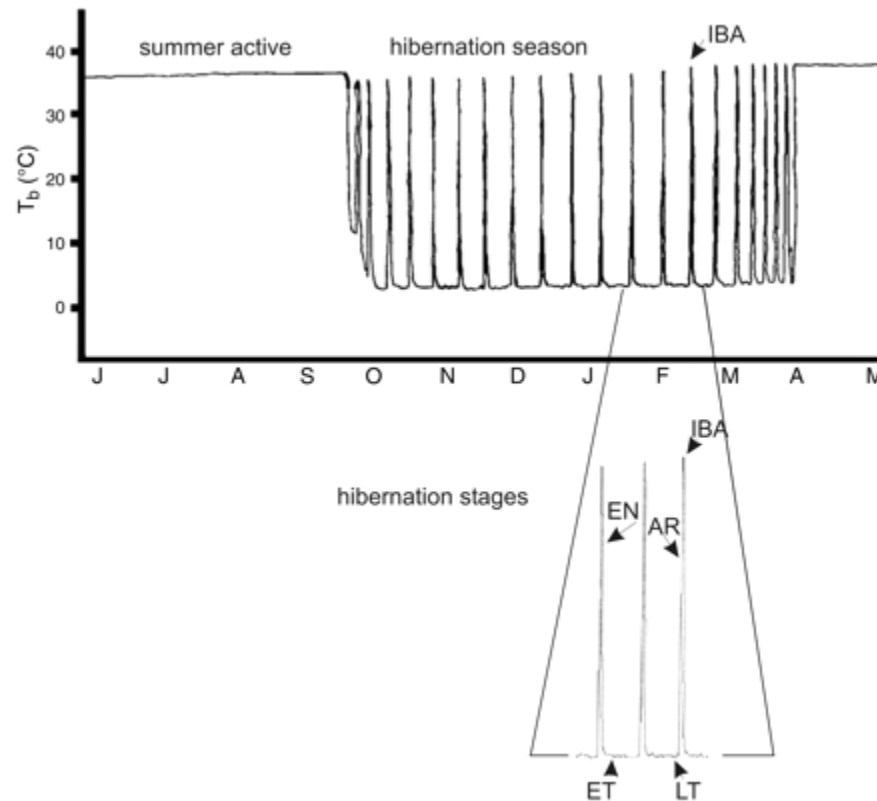
Η Χειμερία νάρκη των **Θηλαστικών** χαρακτηρίζεται από:

- 1) Διαφορική έκφραση γονιδίων που υπάρχουν σε όλα τα Θηλαστικά (όχι παρουσία ειδικών γονιδίων για τη χειμερία νάρκη).
- 2) Παρατεταμένες περιόδους αδράνειας, διάρκειας μερικών ημερών έως 5 εβδομάδων.
- 3) Πτώση θερμοκρασίας σώματος (έως  $-2.9^{\circ}\text{C}$ !).
- 4) Μείωση του μεταβολικού ρυθμού στο 1% του φυσιολογικού.
- 5) Μείωση καρδιακών παλμών από 200-300 σε 3-5 ανά λεπτό.
- 6) Μείωση ρυθμού αναπνοής από 100-200 σε 4-6 ανά λεπτό.
- 7) Χρήση λιπώδους ιστού για παραγωγή ενέργειας ή χρήση αποθεμάτων τροφής.
- 8) Χαρακτηριστική αύξηση βάρους (έως και διπλασιασμό του) την περίοδο πριν τη χειμερία νάρκη.





# Μηχανισμοί Χειμερίας Νάρκης 2/3



20

**Χειμερία νάρκη:** σχέση θερμοκρασίας σώματος με περιόδους αδράνειας-αφύπνισης



# Μηχανισμοί Χειμερίας Νάρκης 3/3

Τι συμβαίνει στα γονίδια που διαμορφώνουν τους βιολογικούς ρυθμούς;

Έρευνα στον ευρωπαϊκό κρηκικό (***Cricetus cricetus***) (Revel F. G. *et al.*, (2007) The circadian clock stops ticking during deep hibernation in the European hamster, PNAS, 104, 13816 –13820) έδειξε:

1. Ότι στη διάρκεια της χειμερίας νάρκης επέρχεται αλλαγή στα επίπεδα έκφρασης γονιδίων που ρυθμίζουν το «βιολογικό ρολόι» (δηλ. ***per1***, ***per2***, ***Bmal1***) στον υπερχιασματικό πυρήνα.
2. Ότι η **αλλαγή στην έκφραση των γονιδίων του «βιολογικού ρολογιού» επιφέρει αλλαγές στην έκφραση γονιδίων που ρυθμίζονται από αυτά**, όπως το γονίδιο της **βασοπρεσσίνης** (*avp*), που η έκφραση του **μειώνεται**.
3. Ότι οι αλλαγές στα επίπεδα έκφρασης των γονιδίων που ρυθμίζουν το «βιολογικό ρολόι» επιφέρουν αλλαγές στα επίπεδα έκφρασης των γονιδίων της επίφυσης με αποτέλεσμα να έχουμε αύξηση έκφρασης του ενζύμου της **N-ακετυλτρανσφεράσης της σεροτονίνης (AANAT)** και επακόλουθη μείωση της έκκρισης **μελατονίνης** στη διάρκεια της χειμερίας νάρκης.



# Μηχανισμοί Θερινής Νάρκης

Η **Θερινή νάρκη** είναι μια κατάσταση αερόβιου υπο-μεταβολισμού που χρησιμοποιείται από τα ζώα για την επιβίωση σε ξηρά, θερμά και άγονα περιβάλλοντα.

Εμφανίζεται σε ένα μεγάλο εύρος οργανισμών, δηλαδή τόσο σε Σπονδυλόζωα (ακόμα και σε Θηλαστικά) όσο και σε Ασπόνδυλα. Χαρακτηρίζεται από:

- 1) Μείωση μεταβολικού ρυθμού** και χρήση λιπώδους ιστού για παραγωγή Ενέργειας.
- 2) Παρουσία μηχανισμών συγκράτησης υγρασίας** όπως συγκράτηση νερού, **παραγωγή ουρίας (ωσμωρρύθμιση)**, διαβίωση σε καταφύγιο, **έκκριση προστατευτικής βλέννας** ή μεμβράνης για την αποφυγή απώλειας υγρασίας (π.χ. σαλιγκάρια), αποφυγή έκθεσης των άκρων κατά τη διάρκεια της νάρκης.

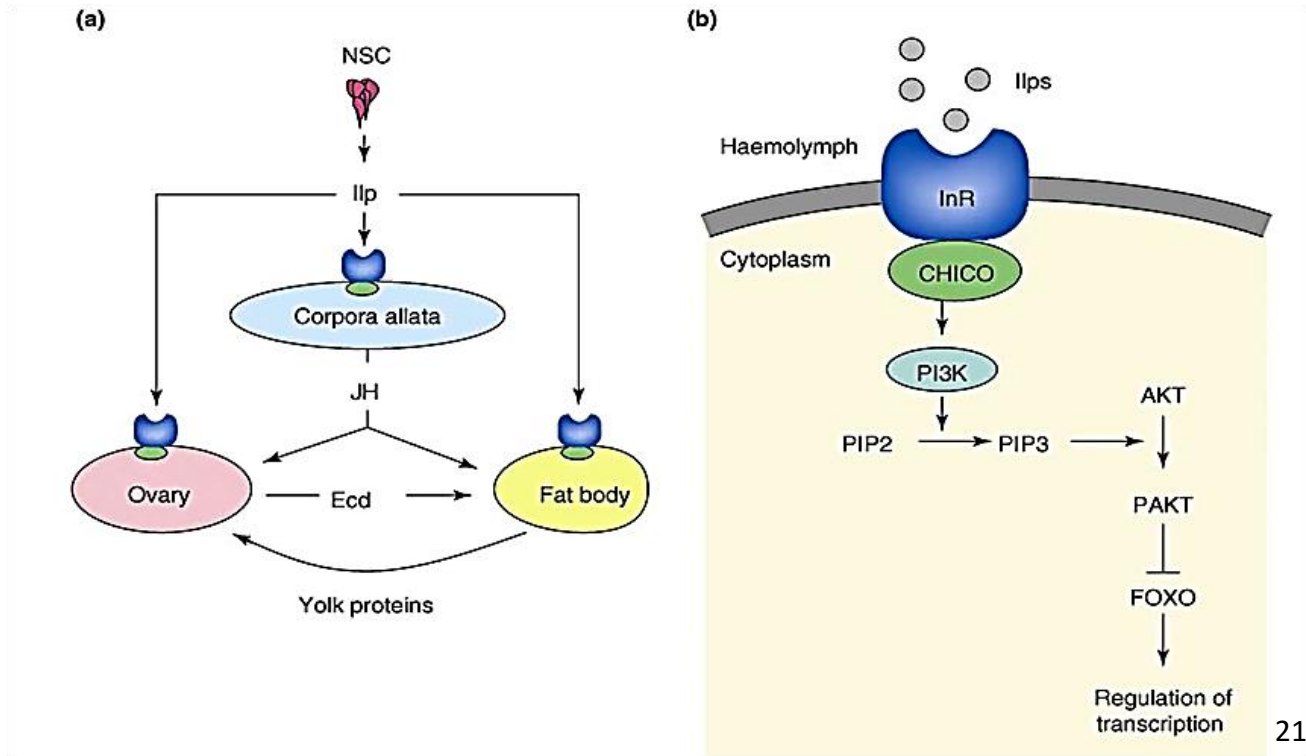


# Μηχανισμοί Διάπαυσης 1/2

- Η **διάπαυση** είναι ένα **ορμονο-εξαρτώμενο σταμάτημα της ανάπτυξης** που συνδέεται με αυξημένη αντίσταση του οργανισμού σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες και αυξημένη συσσώρευση αποθεμάτων λίπους.
- Η διάπαυση σαν όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει την **αναστολή ανάπτυξης των Αρθροπόδων και κυρίως των Εντόμων**.
- Επιτρέπει στα ζώα αυτά να ανταπεξέλθουν **προβλεπόμενες και επερχόμενες** αλλαγές του περιβάλλοντος.
- **Διαφέρει** επίσης από τη νάρκη (θερινή ή χειμερινή) ή την αδράνεια επειδή **μόνο συγκεκριμένα ερεθίσματα προκαλούν έξοδο από τη διάπαυση**. Διακρίνεται σε:
  - 1) **Υποχρεωτική** όταν συμβαίνει **πάντα** σε ένα στάδιο ανάπτυξης
  - 2) **Δυνητική** όταν συμβαίνει σαν **απόκριση σε κάτι που πρόκειται να συμβεί**. Σε αυτό έγκειται μια **άλλη διαφορά διάπαυσης με τη χειμερία νάρκη**: Η **διάπαυση εμφανίζεται πριν κάτι συμβεί**, η χειμερία νάρκη αφού συμβεί.



# Μηχανισμοί Διάπαυσης 2/2



## Μηχανισμός διάπαυσης στη Δροσόφιλα



# Αναγκαιότητα γνώσης των μηχανισμών Αδράνειας

Αν και τα αίτια που οδηγούν στην είσοδο των **Θηλαστικών** σε χειμερία νάρκη **δεν είναι γνωστά**, η έρευνα σε αυτό το θέμα είναι πολύ έντονη!

Γιατί:

- 1) Σχετίζεται με την **αποφυγή ισχαιμίας και τραύματος επαναιμάτωσης στη χειρουργική Ιατρική.**
- 2) Σχετίζεται με τη **διατήρηση των οργάνων στις μεταμοσχεύσεις.**
- 3) Σχετίζεται με τη **χρήση συνθηκών υποθερμίας στις χειρουργικές επεμβάσεις.**
- 4) Σχετίζεται με τη **δυνατότητα ρύθμισης σωματικού βάρους.**
- 5) Σχετίζεται με την **ατροφία μυϊκών ιστών λόγω μη χρήσης (διαστημικές πτήσεις, κλινήρης κατάσταση).**



# Τέλος Παρουσίασης



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





# Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Σκαρλάτος Ντέντος, Επίκουρος Καθηγητής. «Ζωολογία II. Ενότητα 3. Βιολογικοί Ρυθμοί». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/BIOL1/>.



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων 1/3

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

### Εικόνες

- **Εικόνα 1.** Copyrighted.
- **Εικόνα 2.** © 1997-2015 The Regents of the University of California. Photo: L.A. Sherman and D.M. Sherman, Purdue University. Σύνδεσμος: <http://genome.jgi-psf.org/synel/synel.home.html>. Πηγή: <http://genome.jgi-psf.org>.
- **Εικόνα 3.** Le cerveau a tous les niveaux. Σύνδεσμος: [http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d\\_11/d\\_11\\_cr/d\\_11\\_cr\\_cyc/d\\_11\\_cr\\_cyc.html](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/d/d_11/d_11_cr/d_11_cr_cyc/d_11_cr_cyc.html). Πηγή: <http://lecerveau.mcgill.ca/>.
- **Εικόνα 4.** Copyrighted.
- **Εικόνα 5.** Copyrighted.
- **Εικόνα 6.** Copyrighted.
- **Εικόνα 7.** Copyright 2000 Melissa Kaplan. Σύνδεσμος: <http://sauntering-down.tumblr.com/page/2>. Πηγή: <http://sauntering-down.tumblr.com>.
- **Εικόνα 8.** Πηγή: Boden M. J. and Kennaway D. J. (2006) Circadian rhythms and reproduction. *Reproduction*, 132, 379-392.



# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων 2/3

- **Εικόνα 9.** © 2006 Society for Reproduction and Fertility. Σύνδεσμος: <http://www.reproduction-online.org/content/132/3/379/F1.expansion.html>. Πηγή: Boden M. J. and Kennaway D. J. (2006) Circadian rhythms and reproduction. *Reproduction*, 132, 379-392.
- **Εικόνα 10.** Copyrighted.
- **Εικόνα 11.** Menstrual cycle. Text is available under the Creative Commons Attribution-ShareAlike License.; additional terms may apply. By using this site, you agree to the Terms of Use and Privacy Policy. Σύνδεσμος: [https://en.wikibooks.org/wiki/Human\\_Physiology/The\\_female\\_reproductive\\_system](https://en.wikibooks.org/wiki/Human_Physiology/The_female_reproductive_system). Πηγή: <https://en.wikibooks.org>.
- **Εικόνα 12.** © 2005-2015 NovaBizz. Σύνδεσμος: <http://www.novabizz.com/NovaAce/Physical/Serotonin.htm>. Πηγή: <http://www.novabizz.com>.
- **Εικόνα 13.** Daily rhythm in indole metabolism in the pineal gland. Σύνδεσμος: <http://2010annualreport.nichd.nih.gov/sne.html>. Πηγή: Pineal Gland, Chronobiology, and Neuroepigenetics <http://2010annualreport.nichd.nih.gov/>.
- **Εικόνα 14.** Copyright © 2015 by the American Society for Pharmacology and Experimental Therapeutics. Σύνδεσμος: <http://pharmrev.aspetjournals.org/content/55/2/325/F10.expansion>. Πηγή: <http://pharmrev.aspetjournals.org>.



# Σημείωμα

## Χρήσης Έργων Τρίτων 3/3

- **Εικόνα 15.** Copyrighted.
- **Εικόνα 16.** Πηγή: R.G. Melvin, M.T. Andrews (2009) Torpor induction in mammals: recent discoveries fueling new ideas. Trends Endocrinol Metab. 20, 490-498.
- **Εικόνα 17.** DAMP chemical structure.png. Σύνδεσμος: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DAMP\\_chemical\\_structure.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DAMP_chemical_structure.png).
- **Εικόνα 18.** Reduction and oxidation of the NAD. Created using ACD/ChemSketch 10.0 and . (Photo credit: Wikipedia). Σύνδεσμος: <http://pharmaceuticalintelligence.com/2013/03/04/breast-cancer-and-mitochondrial-mutations/>.
- **Εικόνα 19.** Nicotinamide\_adenine\_dinucleotide. Copyright 1999 - 2015 www.curezone.org Σύνδεσμος: <http://www.curezone.org/blogs/fm.asp?i=2004103>.
- **Εικόνα 20.** Σύνδεσμος: <http://physrev.physiology.org/content/83/4/1153>. Πηγή: Mammalian Hibernation: Cellular and Molecular Responses to Depressed Metabolism and Low Temperature. HANNAH V. CAREY, MATTHEW T. ANDREWS, SANDRA L. MARTIN. Physiological Reviews Published 1 October 2003 Vol. 83 no. 4, 1153-1181 DOI: 10.1152/physrev.00008.2003.
- **Εικόνα 21.** Πηγή: Emerson K. J. et al. (2009) Complications of complexity: integrating environmental, genetic and hormonal control of insect diapause. Trends in Genetics, 25, 217-225.

