

Το ενδοκρινικό σύστημα

Περίληψη, 1

Εισαγωγή, 1

Ο ρόλος των ορμονών, 1

Χημικές μορφές ορμονών, 3

Βιοσύνθεση και έκκριση των ορμονών, 5

Πεπτίδια και πρωτεΐνες, 5

Στεροειδή, 9

Μεταφορά των ορμονών στην κυκλοφορία, 9

Μηχανισμοί ελέγχου του ενδοκρινικού συστήματος, 10

Μέτρηση των επιπέδων των ορμονών στην κυκλοφορία του αίματος, 13

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ενδοκρινικό σύστημα είναι υπεύθυνο για το συντονισμό των διάφορων φυσιολογικών διεργασιών, για την ανάπτυξη του ανθρώπινου σώματος καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής και για την προσαρμογή του οργανισμού στις διατροφικές και σε άλλες αλλαγές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Το ενδοκρινικό σύστημα αποτελείται από αδένες. Οι αδένες εκκρίνουν ορμόνες, οι οποίες δρουν σε ιστούς στόχους. Οι ορμόνες αρχικά συνδέονται με υποδοχείς υψηλής συγγένειας που βρίσκονται στην κυτταρική μεμβράνη ή το εσωτερικό των κυττάρων-στόχων. Η ενεργοποίηση των υποδοχέων αυτών οδηγεί σε μία σειρά διαδοχικών βιοχημικών αντιδράσεων στο εσωτερικό του κυττάρου, με τελικό αποτέλεσμα την εμφάνιση της επιθυμητής ορμονικής δράσης.

Η σύνθεση και η έκκριση των ορμονών από τους ενδοκρινείς αδένες ελέγχεται από αυστηρούς μηχανισμούς. Δομικά οι ορμόνες διακρίνονται σε τρεις μεγάλες ομάδες. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει τα παράγωγα της τυροσίνης, η δεύτερη τις στεροειδείς ορμόνες που παράγονται από τη χοληστερόλη και η τρίτη ομάδα είναι μεγαλύτερη και περισσότερο πολύπλοκη από τις άλλες, αφού περιλαμβάνει τις πρωτεϊνικές και γλυκοπρωτεϊνικές ορμόνες. Μετά την έκκρισή τους, ορισμένες ορμόνες, ειδικά όσες δεν είναι ιδιαίτερα υδατοδιαλυτές, συνδέονται με πρωτεΐνες του πλάσματος. Για τον προσδιορισμό των επιπέδων των ορμονών στην κυκλοφορία χρησιμοποιούνται ειδικές για κάθε ορμόνη ανοσολογικές μέθοδοι που χαρακτηρίζονται από υψηλή ευαισθησία. Οι μέθοδοι αυτές συμβάλλουν στην κλινική αντιμετώπιση των ασθενών με ενδοκρινικά νοσήματα και έχουν βοηθήσει σημαντικά στη διαλεύκανση των συστημάτων παλίνδρομης ρύθμισης που ελέγχουν τη σύνθεση και την έκκριση των ορμονών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

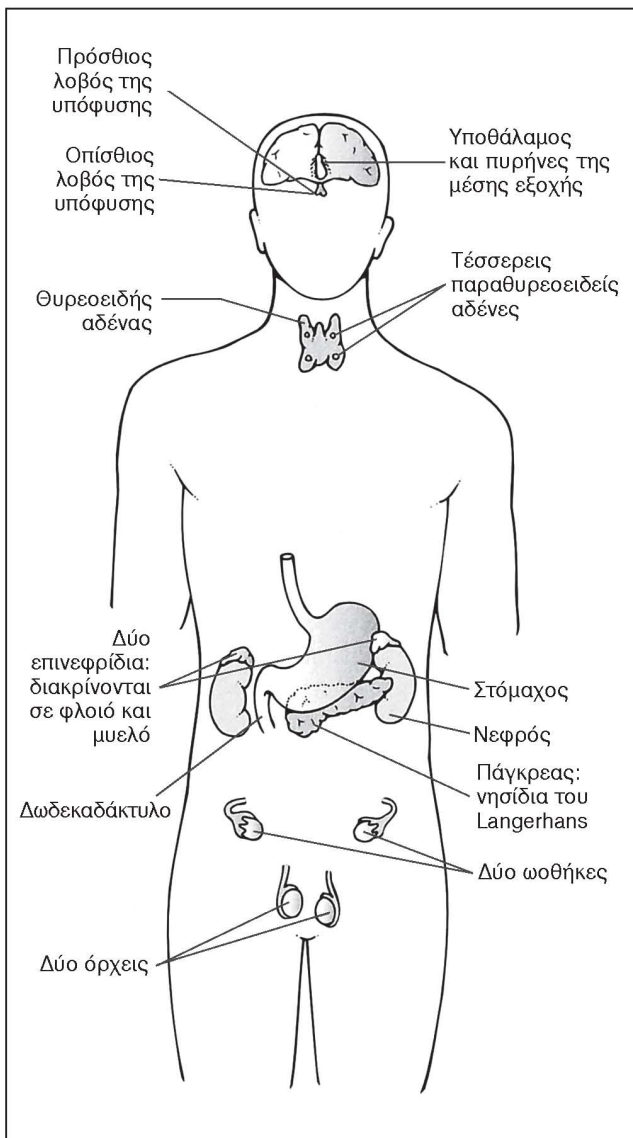
Το ενδοκρινικό και το νευρικό σύστημα είναι τα κύρια συστήματα ελέγχου κάθε ζωικού οργανισμού, αφού εί-

ναι υπεύθυνα για την παρακολούθηση των αλλαγών του εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και την προσαρμογή του οργανισμού σε αυτές. Το νευρικό σύστημα δρα άμεσα διά των νεύρων που διανέμονται στα όργανα και τις δομές που ελέγχονται από αυτό, ενώ το ενδοκρινικό σύστημα δρα μέσω χημικών μεσολαβητών (ορμονών). Οι ορμόνες μπορεί να δρουν κοντά στον τόπο παραγωγής τους ή να φτάνουν στους ιστούς στόχους μέσω της κυκλοφορίας. Ο όρος «ορμόνη» πρωτοχρησιμοποιήθηκε το 1905 από τον Starling και προέρχεται από τη λέξη ορμάω. Οι ενδοκρινείς ορμόνες απελευθερώνονται στην κυκλοφορία του αίματος, σε αντίθεση με τις εξωκρινείς ορμόνες που εκκρίνονται στους πόρους των εξωκρινών αδένων.

Οι μονοκύτταροι και οι απλοί πολυκύτταροι οργανισμοί δεν μπορούν ούτε να ελέγξουν το εξωτερικό περιβάλλον των κυττάρων τους, ούτε να απομονωθούν από αυτό. Ο ανθρώπινος οργανισμός διαθέτει 200 ή περισσότερους τύπους κυττάρων και συνολικά περίπου 10^{14} κύτταρα, ένα μικρό μέρος των οποίων εκτίθεται στο εξωτερικό περιβάλλον. Ωστόσο όλα τα κύτταρα τελικά επηρεάζονται άμεσα ή έμμεσα από τις αλλαγές του εξωτερικού περιβάλλοντος και για να επιβιώσουν απαιτείται η ομοιοστασία (σταθερότητα) του εσωτερικού περιβάλλοντος. Η ομοιοστασία αυτή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του ενδοκρινικού συστήματος. Το ενδοκρινικό σύστημα αντιδρά στις συνεχείς αλλαγές του περιβάλλοντος, π.χ. τα γεύματα, και βοηθά τον οργανισμό να προσαρμοστεί στις νέες συνθήκες. Συμμετέχει επίσης στην ανάπτυξη, την αύξηση, την ήβη και τη φυλετική ωρίμανση του οργανισμού. Συνεπώς, οι ορμόνες, εκτός από τη διατήρηση της σταθερότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος, είναι υπεύθυνες και για σημαντικές μακροπρόθεσμες αλλαγές της συμπεριφοράς ενός οργανισμού.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΟΡΜΟΝΩΝ

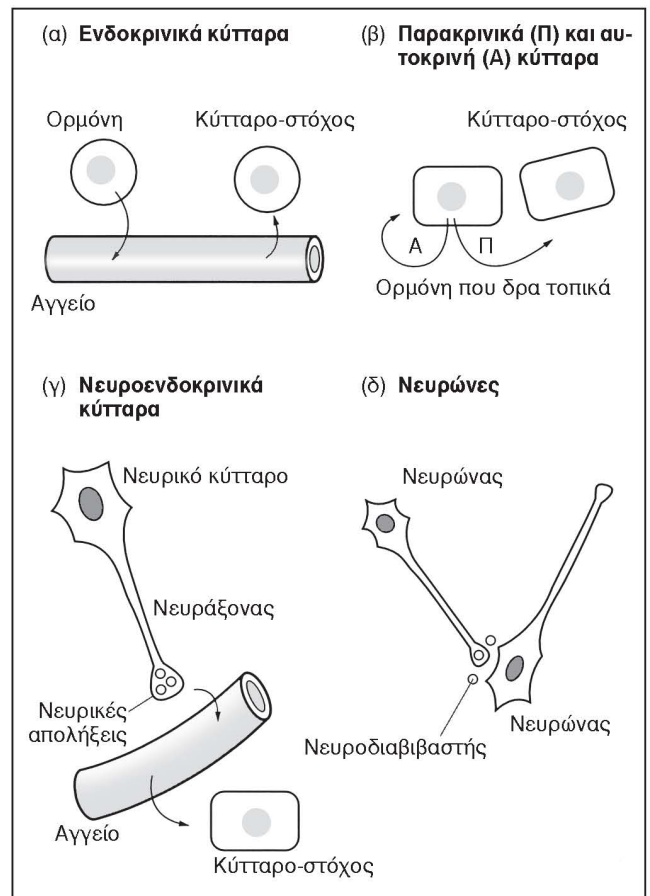
Οι ορμόνες ανήκουν σε μία κατηγορία ρυθμιστικών μορίων που συντίθενται από εξειδικευμένα κύτταρα. Τα κύτταρα αυτά μπορεί να είναι οργανωμένα σε διακριτούς ενδοκρινείς αδένες ή να βρίσκονται διάσπαρτα και μεμονωμένα μέσα σε άλλα όργανα, όπως π.χ. στο γαστρεντερικό σωλήνα (Εικ. 1.1, Πίνακας 1.1). Τα κύτταρα αυτά εκκρίνουν τις ορμόνες στον περιβάλλοντα εξω-



Εικόνα 1.1 Η εντόπιση των κυριότερων ενδοκρινών αδένων.

κυττάριο χώρο, από τον οποίο εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος και διά αυτής φτάνουν στα κύτταρα των ιστών στόχων (Εικ. 1.2α, γ). Ορισμένες ορμόνες δρουν στο ίδιο το κύτταρο από το οποίο εκκρίνονται (αυτοκρινείς ορμόνες). Ορισμένες δεν εισέρχονται στην κυκλοφορία του αίματος, αλλά απλά δρουν σε γειτονικά κύτταρα (παρακρινείς ορμόνες) (Εικ. 1.2β). Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρείται συνέργεια μεταξύ των αυτοκρινών/παρακρινών ορμονών και του αρχικού ερεθίσματος με αποτέλεσμα την ενίσχυση ή την παράταση της τελικής απάντησης. Οι νευροδιαβαστές είναι μόρια που εκκρίνονται από νευρώνες και διεγείρουν ή αναστέλλουν νευρικά ή μυϊκά κύτταρα μέσω των συνάψεων (Εικ. 1.2δ). Ορισμένοι νευρώνες, ωστόσο, εκκρίνουν και ορμόνες και νευροδιαβαστές, εξ ου και ο όρος «νευροενδοκρινικό σύστημα» (Εικ. 1.2γ).

Οι ορμόνες δρουν συνδεδεμένες με ειδικούς υποδοχείς στην επιφάνεια ή το εσωτερικό του κυττάρου-στό-



Εικόνα 1.2 Κύτταρα που εκκρίνουν ρυθμιστικές ουσίες οι οποίες επιδρούν σε αντίστοιχα όργανα-στόχους. (α) Τα ενδοκρινικά κύτταρα εκκρίνουν ορμόνες στην κυκλοφορία, δια της οποίας οι τελευταίες φτάνουν στα κύτταρα-στόχους. Τα κύτταρα-στόχοι μπορεί να βρίσκονται μακριά από τα ενδοκρινικά κύτταρα, π.χ. η θυρεοειδοτρόπος ορμόνη εκκρίνεται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης και επιδρά στο θυρεοειδή. (β) Τα παρακρινικά κύτταρα εκκρίνουν ορμόνες οι οποίες δρουν σε παρακείμενα κύτταρα – π.χ. η γλυκαγόνη και η σωματοστατίνη δρουν σε παρακείμενα κύτταρα του παγκρέατος που εκκρίνουν ινσουλίνη. Ορισμένοι παράγοντες, όπως οι προσταγλανδίνες και ο ινσουλινόμορφος αυξητικός παράγοντας δρουν στο ίδιο κύτταρο από το οποίο εκκρίνονται, δηλαδή έχουν αυτοκρινή δράση. (γ) Τα νευροενδοκρινικά κύτταρα απαντούν σε συγκεκριμένες νευρικές διεγέρσεις εκκρίνοντας στις νευρικές τους απολήξεις ορμόνες (π.χ. επινεφρίνη), οι οποίες διά της κυκλοφορίας φτάνουν στα όργανα-στόχους, π.χ. το ήπαρ ή το λιπώδη ιστό. (δ) Οι νευρώνες εκκρίνουν στις νευρικές τους απολήξεις νευροδιαβαστές, οι οποίοι διεγείρουν μέσω συνάψεων γειτονικούς νευρώνες.

χου. Αυτό οδηγεί σε μία σειρά ενδοκυττάρων αντιδράσεων, οι οποίες συνήθως ενισχύουν το αρχικό ερέθισμα οδηγώντας σε μία τελική απάντηση. Κάποιες ορμόνες έχουν ευρύτερες επιδράσεις στον οργανισμό και η δράση τους δεν περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο ιστό-στόχο. Στην κατηγορία αυτή ανήκει η αυξητική ορμόνη (GH), η έλλειψη της οποίας προκαλεί στα παιδιά νανισμό και η υπερπαραγωγή γιγαντισμό. Στους ενήλικες, η υπερπαραγωγή της GH προκαλεί μεγαλακρία, δηλαδή αύξηση του μεγέθους των άκρων χεριών και ποδιών, ενώ παρατηρείται και τραχύτητα των χαρακτηριστικών του προσώπου. Η έλλειψη της GH στους

Πίνακας 1.1 Οι κύριοι ενδοκρινείς αδένες του σώματος και οι παραγόμενες εξ αυτών ορμόνες.

Ενδοκρινής αδένας	Ορμόνη	Είδος μορίου
Υποθάλαμος/πυρήνες της μέσης εφοχής	<i>Ορμόνες που προκαλούν την έκκριση ή την αναστολή της έκκρισης άλλων ορμονών:</i> Ορμόνη που διεγείρει την έκκριση της θυρεοτροφίνης Σωματοστατίνη Ορμόνη που διεγείρει την έκκριση των γοναδοτροφινών Ορμόνη που διεγείρει την έκκριση της φλοιστρόπου ορμόνης Ορμόνη που διεγείρει την έκκριση αυξητικής ορμόνης Παράγοντας αναστολής της έκκρισης προλακτίνης (ντοπαμίνη)	Πεπτίδια Βιογενής αμίνη
Πρόσθιος λοβός της υπόφυσης	Θυρεοειδοτρόπος ορμόνη ή θυρεοτροφίνη Ωχρινοποιητική ορμόνη Ωοθυλακιοτρόπος ορμόνη Αυξητική ορμόνη Προλακτίνη Φλοιοπεπτιδοτρόπος ορμόνη	Γλυκοπρωτείνες Πρωτείνες
Οπίσθιος λοβός της υπόφυσης	Βαζοπρεσσίνη (αντιδιουρητική ορμόνη) Ωκυτοκίνη	Πεπτίδια
Θυρεοειδής	Θυροξίνη και τριιωδοθυρονίνη Καλιτονίνη	Παράγωγα τυροσίνης Πεπτίδιο
Παραθυρεοειδείς αδένες	Παραθορμόνη	Πεπτίδιο
Φλοιός επινεφριδίων	Αλδοστερόνη και κορτιζόλη	Στεροειδή
Μυελός επινεφριδίων	Επινεφρίνη και νορεπινεφρίνη (παιαίστερες ονομασίες: αδρεναλίνη και νοραδρεναλίνη)	Κατεχολαμίνες
Στόμαχος	Γαστρίνη	Πεπτίδιο
Πάγκρεας (νησίδα του Langerhans)	Ινσουλίνη Γλυκαγόνη Σωματοστατίνη	Πρωτείνες
Δωδεκαδάκτυλο και νήστιδα	Σεκρετίνη Χολοκυστοκίνη	Πρωτείνες
Ωοθήκες	Οιστρογόνα και προγεστερόνη	Στεροειδή
Όρχεις	Τεστοστερόνη	Στεροειδή

ενήλικες προκαλεί ένα χαρακτηριστικό σύνδρομο εκδηλώσεων, το οποίο συνίσταται σε αύξηση του σωματικού λίπους, μείωση της μυϊκής μάζας, μυϊκή αδυναμία, αίσθημα κόπωσης, μείωση της πνευματικής και σωματικής ευεξίας. Η θυροξίνη επίσης επιδρά σε ένα μεγάλο αριθμό ιστών του σώματος, με αποτέλεσμα η υπερέκκρισή της να οδηγεί σε αύξηση και η ανεπάρκειά της να οδηγεί σε μείωση του βασικού μεταβολισμού του οργανισμού. Η ινσουλίνη δρα στους περισσότερους, αν όχι σε όλους, τους ιστούς του σώματος, συμπεριλαμβανομένων του ήπατος, των μυών και του λιπώδους ιστούς, γεγονός που δείχνει ότι οι υποδοχείς της ινσουλίνης έχουν ευρεία κατανομή. Η μεγάλη σημασία της ινσουλίνης φαίνεται και από το γεγονός ότι είναι απαραίτητη για την επιβίωση των κυττάρων σε ιστικές καλλιέργειες.

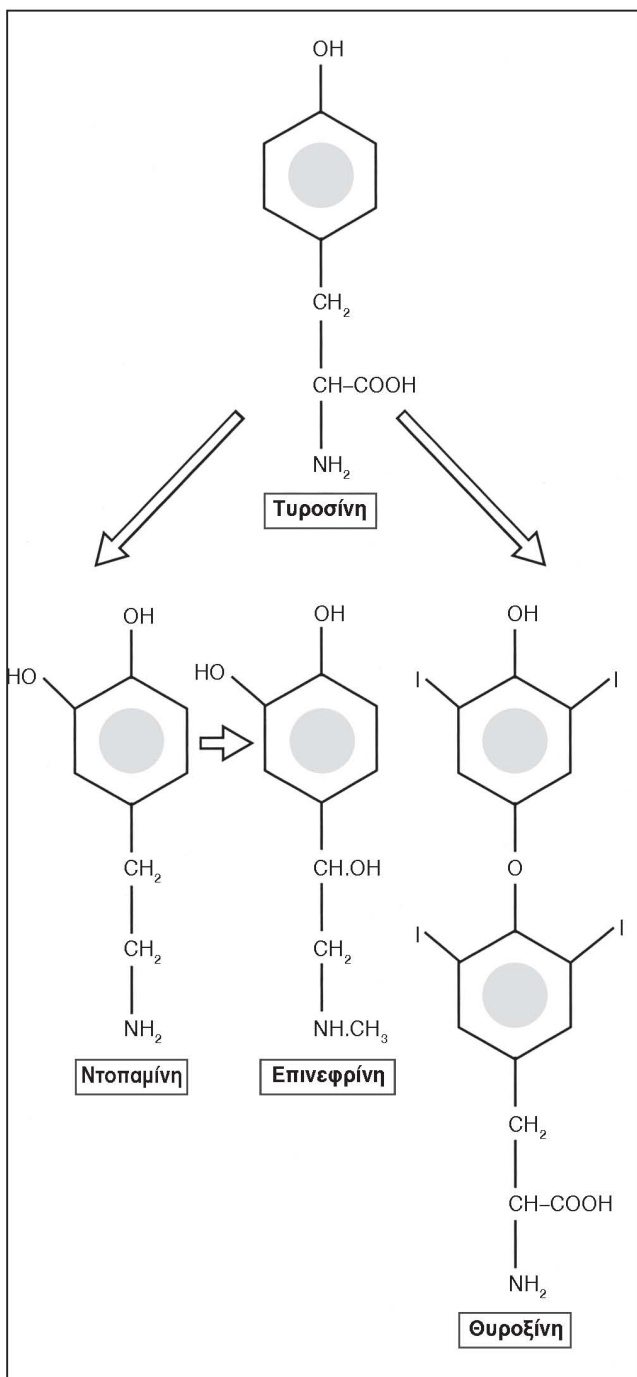
Πολλές άλλες ορμόνες δρουν στα κύτταρα ενός συγκεκριμένου ιστού: π.χ. η θυρεοειδοτρόπος ορμόνη (TSH), η φλοιοτρόπος ορμόνη (ACTH) και οι γοναδοτροφίνες εκκρίνονται από τον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης και δρουν σε συγκεκριμένους ιστούς-στόχους, δηλαδή στο θυρεοειδή αδένα, το φλοιό των επινεφριδίων και τις γονάδες αντίστοιχα.

Χημικές μορφές ορμονών

Από χημικής άποψης οι ορμόνες διακρίνονται σε τρεις ομάδες: αυτές που προκύπτουν από το αμινοξύ τυροσίνη, τις πεπτιδικής-πρωτεϊνικής σύστασης ορμόνες και τις στεροειδείς ορμόνες.

Ορμόνες-παράγωγα της τυροσίνης

Σε αυτές περιλαμβάνονται η επινεφρίνη (Εικ. 1.3), η οποία παράγεται στο μυελό των επινεφριδίων και η νορεπινεφρίνη, η οποία εκτός από το μυελό των επινεφριδίων εκκρίνεται και από τις απολήξεις των νευρών του συμπαθητικού νευρικού συστήματος, ως νευροδιαβιβαστής. Η ντοπαμίνη, ένα άλλο παράγωγο της τυροσίνης, έχει επίσης διττό ρόλο: σε μερικές περιπτώσεις δρα ως νευροδιαβιβαστής και σε άλλες ως ορμόνη. Εκκρίνεται από τα κύτταρα των πυρήνων της μέσης εφοχής και δρα στον πρόσθιο λοβό της υπόφυσης καταστέλλοντας την έκκριση προλακτίνης (PRL). Οι ορμόνες του θυρεοειδούς –η θυροξίνη και η τριιωδοθυρονίνη– παράγονται από τη συνένωση δύο μορίων τυροσίνης. Στη θυροξίνη υπάρχουν 4 άτομα ιωδίου συνδεδεμένου



Εικόνα 1.3 Παραδείγματα ορμονών που παράγονται από την τυροσίνη. Η ντοπαμίνη προκύπτει ως ενδιάμεσο μόριο στη βιοσυνθετική οδό της επινεφρίνης και της νορεπινεφρίνης, αλλά είναι και από μόνη της μία ορμόνη. Η νορεπινεφρίνη διαφέρει από την επινεφρίνη ως προς το μεθύλιο της αμινομάδας, το οποίο απουσιάζει στην πρώτη. Η τριωδοθυρονίνη έχει μόνο ένα από τα δύο άτομα ιωδίου που φαίνονται στον άνω δακτύλιο της θυροξίνης.

στους δακτυλίους, ενώ στην τριωδοθυρονίνη 3 άτομα ιωδίου στους αρωματικούς δακτυλίους.

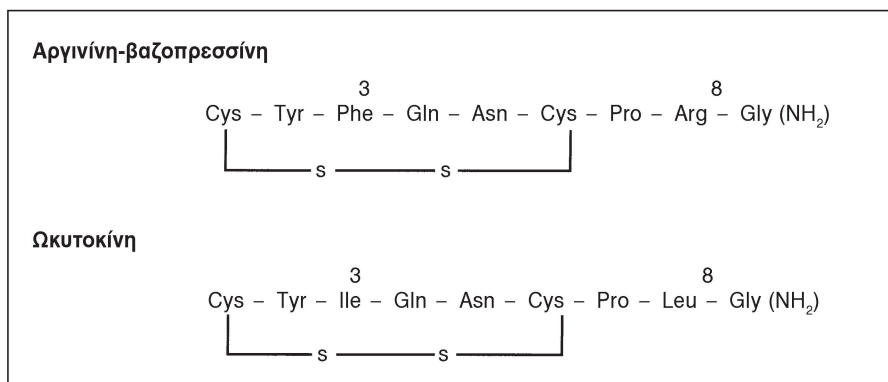
Πρωτεϊνικές και πεπτιδικές ορμόνες

Το μέγεθος των ορμονών της κατηγορίας αυτής ποικίλλει ευρέως. Για παράδειγμα, η ορμόνη του υποθαλάμου που προκαλεί έκκριση της θυρεοτροφίνης (thyrotrophin releasing hormone – TRH) αποτελείται από τρία μόνο αμινοξέα. Πολλές ορμόνες που εκκρίνονται από το γαστρεντερικό σύστημα, π.χ. η εκκριματίνη (σεκρετίνη) από το δωδεκαδάκτυλο και η γαστρίνη από το στόμαχο, είναι μεγαλύτερες πεπτιδικές αλυσίδες, αποτελούμενες από 34 περίπου αμινοξέα, ενώ η παραθορμόνη (PTH) είναι ακόμα μεγαλύτερη αριθμώντας 84 αμινοξέα. Σε μερικές ορμόνες παρατηρούνται δισουλφιδικές γέφυρες μεταξύ των αμινοξέων, οι οποίες σχηματίζουν δακτυλίους μέσα στο ίδιο το μόριο. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι δύο ορμόνες του οπισθίου λοβού της υπόφυσης: η ωκυτοκίνη και η πρωτεΐνη (βαζοπρεσσίνη) (Εικ. 1.4). Η ωκυτοκίνη είναι απαραίτητη για τις συσπάσεις της μήτρας κατά τον τοκετό και η βαζοπρεσσίνη ρυθμίζει την αποβολή ύδατος από τους νεφρούς. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα δύο αυτά μόρια έχουν τελείως διαφορετικούς φυσιολογικούς ρόλους, παρά την εκπληκτική ομοιότητα των μορίων τους, τα οποία διαφέρουν ελάχιστα στην αλληλουχία των αμινοξέων. Στο μόριο της καλσιτονίνης, μίας ορμόνης που μειώνει τα επίπεδα του ασβεστίου στο αίμα, έχει βρεθεί επίσης ένας δισουλφιδικός δεσμός που σχηματίζει ένα δακτύλιο επτά αμινοξέων.

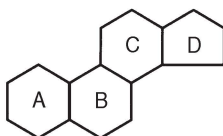
Η ινσουλίνη μπορεί να θεωρηθεί είτε ως ένα μεγάλο πεπτιδίο, είτε ως μία μικρού μήκους πρωτεΐνη. Αποτελείται από Α- και Β-αλυσίδες, οι οποίες συνδέονται με δισουλφιδικούς δεσμούς. Η ινσουλίνη αρχικά συντίθεται σαν ένα μεγαλύτερο πρόδρομο μόριο (προϊνσουλίνη) που διαθέτει μία μόνο αλυσίδα (Εικ. 1.8γ). Στη συνέχεια σχηματίζονται οι δισουλφιδικοί δεσμοί μεταξύ των διαφόρων αμινοξέων και στο τέλος απομακρύνεται με ενζυμική υδρόλυση ένα τμήμα της αλυσίδας που ονομάζεται συνδετικό ή C-πεπτιδίο, οπότε δημιουργούνται οι δύο συνδεδεμένες με δισουλφιδικούς δεσμούς αλυσίδες που αποτελούν το τελικό μόριο. Υπάρχουν και άλλες πεπτιδικές ορμόνες που αρχικά συντίθενται ως μεγαλύτερα πρόδρομα μόρια, τα οποία υφίστανται τροποποιήσεις για να σχηματιστούν τα τελικά μόρια που εκκρίνονται στην κυκλοφορία (Εικ. 1.8).

Ορισμένες ορμόνες είναι αρκετά μεγάλες – για παράδειγμα οι γλυκοπρωτεϊνικές ορμόνες του προσθίου λοβού της υπόφυσης, οι οποίες αποτελούνται από δύο πεπτιδικές αλυσίδες. Οι γοναδοτροφίνες, δηλαδή η θυλακιοτρόπος ορμόνη (follicle stimulating hormone – FSH) και η ωχρινοποιητική ορμόνη (luteinizing hormone – LH), και η θυρεοειδοτρόπος ορμόνη (TSH) αποτελούνται από δύο αλυσίδες, τις α- και β-υπομονάδες. Η βιοσύνθεση των δύο υπομονάδων διαφέρει: η α-υπομονάδα είναι σχετικά όμοια σε όλες τις ορμόνες, ενώ η β-υπομονάδα είναι διαφορετική και υπεύθυνη για τη βιολογική δράση της κάθε ορμόνης. Ακόμα και μεταξύ ατόμων του ίδιου

Εικόνα 1.4 Η δομή της αργινίνης-βαζοπρεσσίνης και της ωκυτοκίνης. Σημειώνονται οι θέσεις των διαφορετικών αμινοξέων. Στις διαφορές αυτές οφείλεται η εντελώς διαφορετική βιολογική δράση των δύο ορμονών (βλέπε Κεφάλαιο 3).



Στεροειδής πυρήνας



Εικόνα 1.5 Η σήμανση των δακτυλίων του στεροειδούς πυρήνα. Η αρίθμηση των ατόμων άνθρακα του στεροειδούς πυρήνα περιγράφεται στο Παράρτημα 3.

είδους, παρατηρείται μία μικρή ετερογένεια στη δομή των ορμονών αυτών, με αποτέλεσμα να απαντώνται ελαφρώς διαφορετικές μορφές της ορμόνης, γνωστές ως ισομορφές ή ισοορμόνες. Η ποικιλομορφία των μορίων των γλυκοπρωτεϊνών οφείλεται κυρίως σε διαφορές της σύστασης της υδατανθρακικής αλυσίδας τους.

Στεροειδείς ορμόνες

Τα στεροειδή είναι μία ομάδα λιπιδίων που παράγονται από τη χοληστερόλη. Οι τέσσερις δακτύλιοι του στεροειδούς πυρήνα σημαίνονται όπως φαίνεται στην Εικ. 1.5. Στις στεροειδείς ορμόνες περιλαμβάνονται: η κορτιζόλη και η αλδοστερόνη που παράγονται από το φλοιό των επινεφριδίων, η τεστοστερόνη που παράγεται από τους όρχεις και η προγεστερόνη και η οιστραδιόλη που παράγονται από τις ωοθήκες. Οι στεροειδείς ορμόνες ρυθμίζουν το μεταβολισμό των υδατανθράκων, το ισοζύγιο άλατος και ύδατος και τις αναπαραγωγικές λειτουργίες του οργανισμού. Στις ορμόνες αυτές, ακόμα και μικρές αλλαγές της χημικής δομής μπορεί να έχουν ως συνέπεια δραματικές αλλαγές στη βιολογική τους δράση. Στο Παράρτημα 3 περιγράφεται λεπτομερώς η δομή των στεροειδών ορμονών.

ΒΙΟΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΚΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΟΡΜΟΝΩΝ

Διακρίνονται δύο βασικοί τύποι ορμονοεκκριτικών κυττάρων: αυτά που εκκρίνουν πεπτιδικές και πρωτεϊνικές ορμόνες και αυτά που εκκρίνουν στεροειδείς ορμόνες. Οι διαφορές τους περιγράφονται στην Εικ. 1.6.

Πεπτίδια και πρωτεΐνες

Στοιχεία μοριακής βιολογίας σχετικά με τη μεταγραφή (σύνθεση του mRNA) και τη μετάφραση (πρωτεϊνοσύνθεση)

Η σύνθεση των πεπτιδικών και πρωτεϊνικών ορμονών αρχίζει με τη μεταγραφή ενός γονιδίου, συνεχίζεται με τη μετάφραση του αγγελιαφόρου RNA (mRNA) και τελειώνει με τις μετα-μεταφραστικές τροποποιήσεις της πεπτιδικής ή πρωτεϊνικής ορμόνης.

Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, δηλαδή αυτούς που διαθέτουν πυρήνα, η γενετική πληροφορία περιέχεται στο δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA) των χρωμοσωμάτων του πυρήνα. Τα γονίδια ουσιαστικά είναι αλυσίδες DNA. Το DNA στη χρωματίνη του πυρήνα είναι συνδεδεμένο με βασικές πρωτεΐνες, τις ιστόνες, και άλλες πρωτεΐνες, τις μη ιστόνες, ορισμένες από τις οποίες είναι πιθανό να ρυθμίζουν την έκφραση των γονιδίων. Η γενετική πληροφορία αποθηκεύεται στις αλυσίδες του DNA με τη μορφή κώδικα που αντιστοιχεί σε τριπλέτες νουκλεοτιδίων (βάσεων). Για να λάβει χώρα η μεταγραφή ενός γονιδίου, το DNA συνδέεται με την μητρική ουσία του πυρήνα, στη συνέχεια οι διπλή έλικα αποπεριελίσσεται και διανοίγεται στην περιοχή του γονιδίου και τέλος η γενετική πληροφορία μεταγράφεται σε ένα μόριο mRNA χάρη στην DNA-εξαρτώμενη RNA πολυμεράση (βλέπε Εικ. 2.20ε).

Κάθε γονίδιο αποτελείται από μία αλληλουχία δεοξυριβονουκλεοτιδίων. Η κεντρική περιοχή της αλληλουχίας συνιστά τη δομική περιοχή του γονιδίου. Εκατέρωθεν της δομικής περιοχής υπάρχουν ρυθμιστικές αλληλουχίες, οι οποίες καθορίζουν πότε λαμβάνει χώρα η μεταγραφή του DNA σε RNA (Εικ. 1.7). Ο αριθμός και η θέση των ρυθμιστικών περιοχών ποικίλλει από γονίδιο σε γονίδιο, αλλά συνήθως είναι της μορφής που περιγράφεται στην Εικ. 1.7.

«Έμπροσθεν» του σημείου έναρξης της μεταγραφής, δηλαδή προς το 5' άκρο του γονιδίου, βρίσκεται η περιοχή του υποκινητή, ο οποίος διευκολύνει τη σύνδεση της RNA πολυμεράσης και άλλων παραγόντων απαραίτητων για τη μεταγραφή. Η αρίθμηση της αλληλουχίας νουκλεοτιδίων που κωδικοποιεί ένα γονίδιο (Εικ. 1.7) αρχίζει από το πρώτο νουκλεοτίδιο της δομικής περιοχής, στο οποίο δίνεται αυθαίρετα ο αριθμός 1. Η πε-