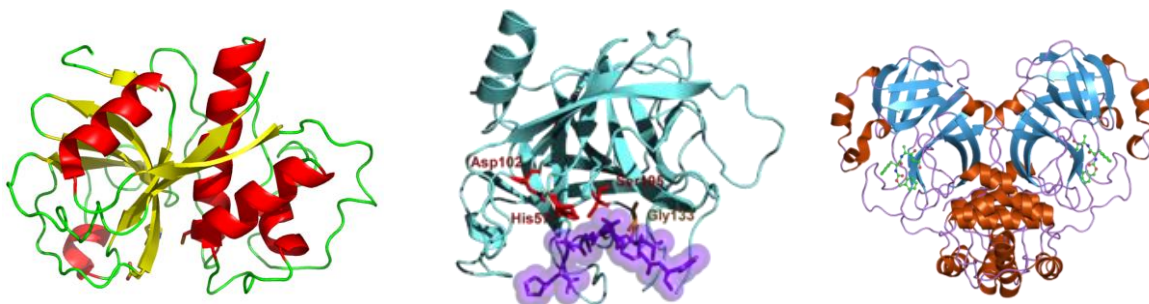


**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΟΣΜΗΤΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

με θέμα:

Βιολογική αποτρίχωση



ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΛΕΟΝΤΑΡΙΔΟΥ ΙΩΑΝΝΑ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ:

ΠΑΝΤΙΚΙΔΟΥ ΑΘΗΝΑ

Θεσσαλονίκη 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<u>Σελίδα</u>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	5
1.1. Γενικά	5
1.2. Η επιδερμίδα	5
1.2.1. Βασική στιβάδα	5
1.2.2. Ακανθωτή στιβάδα	6
1.2.3. Κοκκιώδης στιβάδα	6
1.2.4. Διαυγής στιβάδα	6
1.2.5. Κεράτινη στιβάδα	6
1.2.6. Άλλοι τύποι κυττάρων της επιδερμίδας	7
1.2.6.1. <i>Μελανινοκύτταρα</i>	7
1.2.6.2. <i>Κύτταρα Langerhans</i>	8
1.3. Δερμίδα ή Χόριο	9
1.4. Υποδόριος ιστός	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο - ΑΓΓΕΙΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	11
2.1. Τροφοδοσία του δέρματος	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	12
3.1. Νεύρα και ειδικά υποδεκτικά όργανα δέρματος	12
3.1.1. Στην επιδερμίδα	12
3.1.2. Στο χόριο	12
3.1.3. Στον υποδόριο ιστό	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	14
4.1. Περιγραφή	14
4.1.1. Τρίχες	14
4.1.1.1. <i>Κερατίνη – Κερατινοποίηση</i>	14
4.1.1.2. <i>Τριχοσμηγματικός θύλακας</i>	15
4.1.1.3. <i>Φυσιολογία της τρίχας</i>	17
4.1.1.4. <i>Ανατομία της τρίχας</i>	19
4.1.1.5. <i>Ιστολογία της τρίχας</i>	20
4.1.1.6. <i>Ο κύκλος της τρίχας</i>	24
4.1.1.7. <i>Μωσαικό ανάπτυξης των τριχών</i>	25
4.1.2. Αδένες του δέρματος	26
4.1.2.1. <i>Σμηγματογόνοι αδένες</i>	26
4.1.2.2. <i>Ιδρωτοποιοί αδένες</i>	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο - ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	28
5.1. Οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες του δέρματος	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ	29
6.1. Περιγραφή των λειτουργιών του δέρματος	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο - ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ	30
7.1. Ορισμός - Ημιπερατότητα της επιδερμίδας	30
7.2. Οδοί διέλευσης	31

7.3.	Ρυθμιστικοί παράγοντες της διαδερμικής απορρόφησης	32
7.3.1.	Κατάσταση δέρματος	32
7.3.2.	Συνθήκες εφαρμογής του καλλυντικού	33
7.3.3.	Φυσικοχημικές ιδιότητες της ουσίας	34
7.3.4.	Σύσταση του καλλυντικού	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο – ENZYMA		40
8.1.	Εισαγωγή	40
8.2.	Αμινοξέα	40
8.2.1.	Δομή και κατάταξη των πρωτεϊνικών ενζύμων	40
8.3.	Πρωτεΐνες	45
8.3.1.	Κατάταξη των πρωτεϊνών	45
8.3.2.	Δομή των πρωτεϊνών	48
8.4.	Ένζυμα	51
8.4.1.	Κατάταξη των ενζύμων	51
8.4.2.	Γενικές ιδιότητες των ενζύμων	53
8.4.3.	Πώς λειτουργούν τα ένζυμα	54
8.4.4.	Συνένζυμα – Προσθετικές ομάδες	55
8.4.5.	Ρύθμιση της δράσης των ενζύμων	55
8.4.6.	Κινητική ενζυμικών αντιδράσεων	56
8.4.7.	Αναστολείς ενζυμικών αντιδράσεων	58
8.4.8.	Ενεργοποιητές ενζυμικών αντιδράσεων	58
8.4.9.	Αλλοστερικοί τροποποιητές	58
8.4.10.	Αρχές κατάλυσης	59
8.4.11.	Στρατηγικές κατάλυσης	59
8.4.12.	Πρωτεόλυση	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο – ΠΡΩΤΕΟΛΥΤΙΚΑ ENZYMA		61
9.1.	Πέψη	61
9.2.	Λειτουργία παγκρέατος	63
9.3.	Παγκρεατικό υγρό (pancreatic juice)	63
9.4.	Πρωτεολυτικά ένζυμα, που παράγονται και εκκρίνονται (με τη μορφή προενζύμου) από το πάγκρεας	64
9.5.	Συστατικά παγκρεατικού υγρού	65
9.6.	Ρύθμιση της έκκρισης του παγκρεατικού υγρού	66
9.7.	Υδρολάσες	68
9.8.	Πρωτεολυτικά ένζυμα	72
9.8.1.	Εξειδίκευση των πρωτεϊνών	73
9.8.2.	Ζυμογόνα	73
9.8.3.	Η θρυψίνη	74
9.8.4.	Η χυμοθρυψίνη	74
9.8.5.	Η παπαΐνη	74
9.8.6.	Άλλες ενδοπεπτιδάσες	75
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο – ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ		76
10.1.	Γενικά	76
10.2.	Βιολογική ή χημική ή ενζυμική αποτρίχωση	76
10.3.	Δράση των ενζύμων στην ενζυμική αποτρίχωση	81
10.4.	Συνδυασμός μεθόδων αποτρίχωσης	82

10.5.	Ενδείξεις για την εφαρμογή της μεθόδου	82
10.6.	Αντενδείξεις για την εφαρμογή της μεθόδου	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11° – ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ		83
11.1.	Διάφορες μορφές χημικών προϊόντων της βιολογικής αποτρίχωσης	83
11.1.1.	Προϊόντα της εταιρίας DEPILONINE	83
11.1.2.	Προϊόντα της εταιρίας GUINOT	86
11.1.3.	Προϊόντα της εταιρίας YELLOW ROSE	88
11.2.	Γαλάκτωμα με λεκιθίνη	88
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		90

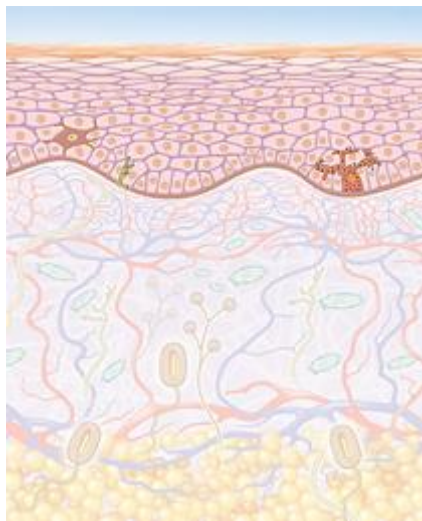
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

1.1. Γενικά

Το δέρμα είναι το μεγαλύτερο όργανο του ανθρώπινου σώματος. Καλύπτει ολόκληρη την εξωτερική επιφάνειά του. Αντιπροσωπεύει το 16% του συνολικού βάρους του σώματος. Αποτελείται από:

1. Την **επιδερμίδα**
2. Τη **δερμίδα ή χόριο**
3. Τον **υποδόριο ιστό**, που περιέχει μεγάλη ποσότητα **υποδόριου λίπους**.

1.2. Η επιδερμίδα



Η επιδερμίδα (Epidermis)

Η επιδερμίδα αποτελείται κυρίως από πολύστιβο κερατινοποιημένο πλακώδες επιθήλιο και 3 ακόμη τύπους κυττάρων σε μικρότερη αναλογία:

- Τα μελανοκύτταρα
- Τα κύτταρα Langerhans
- Τα κύτταρα του Merkel.

Από το χόριο και προς τα έξω, η επιδερμίδα αποτελείται από 5 στιβάδες, που είναι:

- **Η βασική στιβάδα**
- **Η ακανθωτή στιβάδα**
- **Η κοκκιώδης στιβάδα**
- **Η διαυγής στιβάδα**
- **Η κεράτινη στιβάδα**

1.2.1. Βασική στιβάδα

Η βασική στιβάδα αποτελείται από μια σειρά κυλινδρικών ή κυβοειδών κυττάρων που στηρίζονται στη βασική μεμβράνη της συμβολής επιδερμίδας-χορίου. Η βασική στιβάδα, η οποία περιέχει αρχέγονα κύτταρα, χαρακτηρίζεται από έντονη μιτωτική δραστηριότητα και είναι υπεύθυνη, μαζί με την αρχική μοίρα της επόμενης στιβάδας, για τη συνεχή ανανέωση των επιδερμικών κυττάρων. Η

επιδερμίδα του ανθρώπου ανανεώνεται κάθε 15-30 ημέρες, ανάλογα με την περιοχή του σώματος, την ηλικία και άλλους παράγοντες.

1.2.2. Ακανθωτή στιβάδα

Η ακανθωτή στιβάδα αποτελείται από κυβοειδή ή ελαφρώς πεπλατυσμένα κύτταρα με τον πυρήνα στο κέντρο και κυτταρόπλασμα του οποίου οι αποφυάδες είναι γεμάτες με δεσμίδες νηματίων κερατίνης. Οι δεσμίδες αυτές, που ονομάζονται **τονοϊνίδια**, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της συνοχής μεταξύ των κυττάρων και στην αντίσταση απέναντι σε δυνάμεις τριβής. Για το λόγο αυτό η **επιδερμίδα σε περιοχές που υπόκεινται σε συνεχή τριβή (π.χ. πέλματα) έχει παχύτερη ακανθωτή στιβάδα.**

Η ακανθωτή μαζί με τη βασική στιβάδα αποτελούν τη **μαλπιγιανή στιβάδα. Μόνο η μαλπιγιανή στιβάδα είναι αυτή που παράγει αρχέγονα επιδερμικά κύτταρα.** Ενδεχόμενη καταστροφή της έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δερματικού κενού.

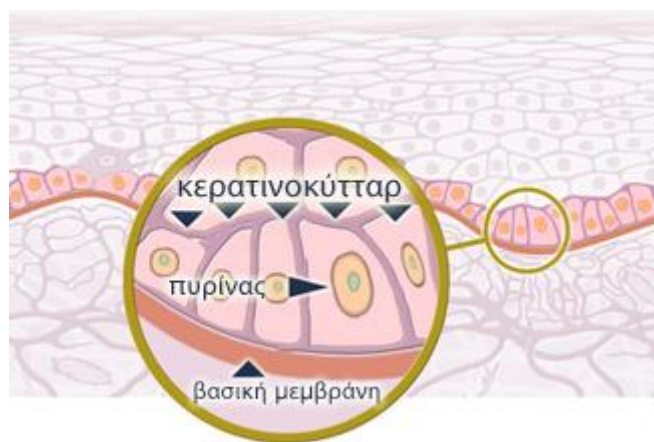
1.2.3. Κοκκιώδης στιβάδα

Η κοκκιώδης στιβάδα αποτελείται από 3-5 σειρές πεπλατυσμένων πολυγωνικών κυττάρων που το κυτταρόπλασμά τους είναι γεμάτο από κοκκία. Τα κοκκία αυτά είτε περιέχουν φωσφορυλιωμένες πρωτεΐνες και δεν περιβάλλονται από μεμβράνη (**κοκκία κερατοϋαλίνης**), είτε περιέχουν λιπίδια και περιβάλλονται από μεμβράνη (**πεταλιώδη κοκκία**). Τα πεταλιώδη κοκκία συντήκονται με τις κυτταρικές μεμβράνες και απελευθερώνουν τα λιπίδια που περιέχουν ανάμεσα στα κύτταρα της ακανθωτής στιβάδας. **Τα λιπίδια αυτά λειτουργούν ως κυτταρική "κόλλα", εμποδίζοντας το διασκορπισμό των επιφανειακών κυττάρων της επιδερμίδας και καθιστώντας το δέρμα αδιαπέραστο από ξένες ουσίες.**

1.2.4. Διαυγής στιβάδα

Η διαυγής στιβάδα, η οποία φαίνεται καλύτερα στο παχύ δέρμα, είναι μια διάφανη, λεπτή στιβάδα από εξαιρετικά πεπλατυσμένα κύτταρα. **Τα οργανίδια και οι πυρήνες των κυττάρων δεν είναι πλέον σαφή και το κυτταρόπλασμα αποτελείται κυρίως από συσσωρευμένα νημάτια κερατίνης.**

1.2.5. Κεράτινη στιβάδα

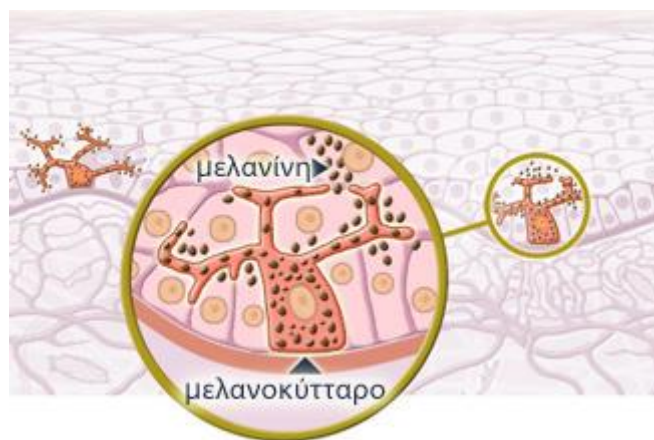


Κερατινοκύτταρα

Η κεράτινη στιβάδα αποτελείται από 15-20 στιβάδες πεπλατυσμένων, **απύρηνων** κυττάρων, το κυτταρόπλασμα των οποίων είναι γεμάτο από μια σκληρή πρωτεΐνη, την **κερατίνη**. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία που αποκαλείται **κερατινοποίηση**, τα κύτταρα της στιβάδας αυτής αποτελούνται μόνο από ινώδεις ή άμορφες πρωτεΐνες και παχιά κυτταρική μεμβράνη. Τότε χαρακτηρίζονται ως **κερατινοκύτταρα**. Ο χρόνος διαφοροποίησης ενός κερατινοκυττάρου από τη στιγμή που θα γεννηθεί στη βασική στιβάδα μέχρι να αποπέσει είναι περίπου 28 μέρες.

1.2.6. Άλλοι τύποι κυττάρων της επιδερμίδας

1.2.6.1. Μελανοκύτταρα



Μελανοκύτταρα

Τα μελανοκύτταρα είναι εξειδικευμένα κύτταρα της επιδερμίδας. Βρίσκονται ανάμεσα στα κύτταρα της βασικής στιβάδας και τα τριχοθυλάκια (τις ρίζες των τριχών). Προέρχονται από κύτταρα της νευρικής ακρολοφίας, κάτι που εξηγεί τόσο το σχήμα, όσο και την ιδιαίτερη λειτουργία τους:

- Έχουν **στρογγυλά κυτταρικά σώματα, από όπου ξεκινούν μακριές, ακανόνιστες αποφυάδες** (όπως και στα νευρικά κύτταρα).
- **Παράγουν την ευμελανίνη**, μια έντονα καστανόχρωμη χρωστική, στην οποία οφείλεται το σκούρο χρώμα του δέρματος και των τριχών (**εκκριτική λειτουργία**, όπως και τα νευρικά κύτταρα). Η χρωστική που βρίσκεται στις κόκκινες τρίχες αποκαλείται **φαιομελανίνη**.
- Οι αποφυάδες των μελανοκυττάρων **διακλαδίζονται μέσα στην επιδερμίδα προχωρώντας ανάμεσα στη βασική και την ακανθωτή στιβάδα**, και καταλήγουν σε εγκολπώσεις των κυττάρων των δυο αυτών στιβάδων (όπως αντίστοιχα καταλήγει ο νευράξονας των νευρικών κυττάρων στη νευρομυϊκή σύναψη).

Παραγωγή και αποθήκευση της μελανίνης

Πρώτη ύλη για την παραγωγή της μελανίνης είναι το αμινοξύ **τυροσίνη**. Για την παραγωγή της φαιομελανίνης (μελανίνης που απαντάται στις κόκκινες τρίχες)

χρησιμοποιείται ως δομικό στοιχείο το αμινοξύ **κυστεΐνη**. Η μετατροπή της τυροσίνης σε μελανίνη καταλύεται από το ένζυμο **τυροσινάση**. Η τυροσινάση

1. συντίθεται στα ριβοσώματα
2. μεταφέρεται στο αυλό του ενδοπλασματικού δικτύου των μελανοκυττάρων και
3. συσσωρεύεται σε κυστίδια.

Από αυτό το σημείο και μετά διακρίνονται τέσσερα στάδια, που οδηγούν στο τελικό προϊόν, το **ώριμο κοκκίο μελανίνης**:

Στάδιο 1--> το κυστίδιο περιβάλλεται από μεμβράνη και ξεκινά η δράση της τυροσινάσης.

Στάδιο 2--> το κυστίδιο (μελανόσωμα) εμφανίζει στο εσωτερικό του παράλληλα νημάτια πάνω στα οποία εναποτίθεται η μελανίνη.

Στάδιο 3--> η αυξημένη παραγωγή μελανίνης εμποδίζει τη διάκριση δομικών λεπτομερειών μέσα στο κυστίδιο.

Στάδιο 4--> το **ώριμο κοκκίο μελανίνης** έχει ολοκληρωθεί & η μελανίνη γεμίζει τελείως το κυστίδιο.

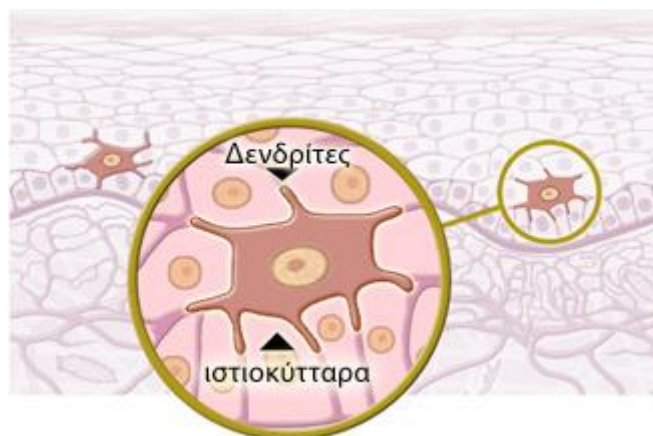
Τα ώριμα κοκκία μελανίνης μεταναστεύουν μέσα στις κυτταροπλασματικές αποφυάδες των μελανοκυττάρων και μεταφέρονται στα κύτταρα της βασικής και ακανθωτής στιβάδας. Τέλος, τα ώριμα κοκκία μελανίνης αποθηκεύονται στα επιθηλιακά κύτταρα της επιδερμίδας. Στις επιφανειακότερες στιβάδες επιθηλιακών κυττάρων η μελανίνη εξαφανίζεται.

Το χρώμα του δέρματος οφείλεται σε αρκετούς παράγοντες, οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι:

- **Η περιεκτικότητά του σε μελανίνη και καροτένιο**
- **Ο αριθμός των αγγείων στο χόριο**
- **Το χρώμα του αίματος που ρέει σε αυτά.**

Τα μελανοκύτταρα δεν κατανέμονται τυχαία μεταξύ των κερατινοκυττάρων, αλλά βάσει κάποιου **προτύπου κατανομής** (αναλογία μελανοκυττάρων προς κερατινοκύτταρα σε κάθε περιοχή του σώματος). Η διαφορά στο χρώμα του δέρματος οφείλεται κυρίως σε διαφορές στον αριθμό των κοκκίων μελανίνης στα κερατινοκύτταρα.

1.2.6.2. Κύτταρα Langerhans



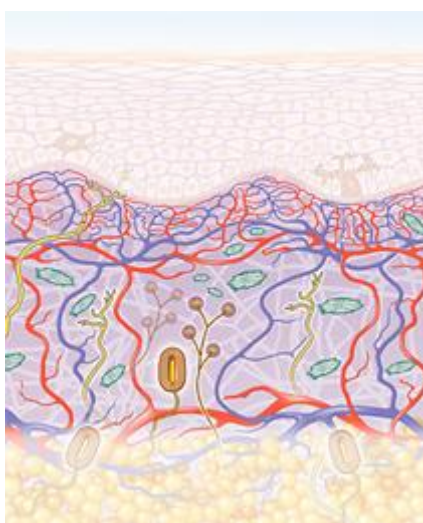
Κύτταρα Langerhans (ιστιοκύτταρα)

Τα κύτταρα του Langerhans έχουν σχήμα αστεροειδές και απαντώνται κυρίως στην ακανθωτή στιβάδα. **Παράγονται στο μυελό των οστών** και μεταφέρονται στο δέρμα με την κυκλοφορία του αίματος. Η λειτουργία τους είναι η **αντιγονική παρουσίαση** (δέσμευση, επεξεργασία και παρουσίαση στα T-λεμφοκύτταρα αντιγόνων). Είναι δηλαδή κύτταρα του **ανοσοποιητικού συστήματος**.

1.2.6.3. *Κύτταρα Merkel*

Τα κύτταρα του Merkel εντοπίζονται κυρίως στο παχύ δέρμα (στις παλάμες και τα πέλματα) πάνω στη βασική στιβάδα. Περιέχουν κοκκία στο κυτταρόπλασμά τους. Στη βάση τους υπάρχουν **ελεύθερες νευρικές απολήξεις**, που σχηματίζουν ένα διατεταμένο τελικό δίσκο. Τα κύτταρα αυτά χρησιμεύουν ως **υποδοχείς μηχανικών ερεθισμάτων**.

1.3. Δερμίδα ή Χόριο



Η δερμίδα (χόριο / Dermis)

Το χόριο είναι ο συνδετικός ιστός που υποστηρίζει την επιδερμίδα και τη συνδέει με το υποδόριο λίπος. Το πάχος του ποικίλλει, φτάνοντας το μέγιστο πάχος των 4 mm στη ράχη. Παρουσιάζει δυο τμήματα:

- Το **επιπολής ή θηλώδες χόριο**, που βρίσκεται προς τα επάνω σε επαφή με την επιδερμίδα, και
- Το **δικτυωτό χόριο**, που είναι παχύτερο και μεταπίπτει στην υποδερμίδα.

Η επιφάνεια του χορίου είναι πολύ ανώμαλη και εμφανίζει πολλές προσεκβολές (**θηλές του χορίου**), οι οποίες συνδυάζονται δακτυλοειδώς με αντίστοιχες καταδύσεις της επιδερμίδας. Οι θηλές του χορίου είναι περισσότερες σε δέρμα που δέχεται συχνότερα πίεση.

Μεταξύ της βασικής στιβάδας της επιδερμίδας και της θηλώδους στιβάδας του χορίου βρίσκεται ο **βασικός υμένας**, που ακολουθεί την πορεία των δακτυλοειδών προσεκβολών μεταξύ των δυο στιβάδων. Κάτω από αυτόν βρίσκεται ένα δίκτυο δικτυωτών ινών, ο **δικτυωτός υμένας**. Αυτή η σύνθετη δομή ονομάζεται **βασική μεμβράνη**.

Η θηλώδης στιβάδα αποτελείται από **χαλαρό συνδετικό ιστό, κύτταρα του συνδετικού ιστού και του ανοσοποιητικού συστήματος**. Από τη θηλώδη στιβάδα

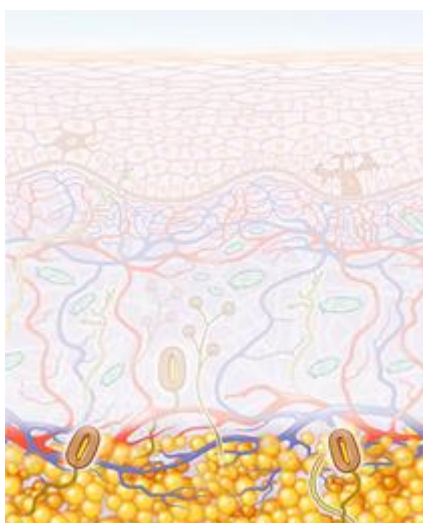
ειδικά κολλαγόνα ινίδια διεισδύουν στο βασικό υμένα και εκτείνονται μέσα στο χόριο. Συνδέουν την επιδερμίδα με το χόριο και αποκαλούνται **ινίδια πρόσδεσης**.

Η δικτυωτή στιβάδα είναι παχύτερη και αποτελείται από **ακανόνιστο πυκνό συνδετικό ιστό (κυρίως κολλαγόνο τύπου I)**. Περιέχει περισσότερες ίνες και λιγότερα κύτταρα από τη θηλώδη στιβάδα.

Το χόριο περιέχει:

- **το δίκτυο των ελαστικών ινών**, υπεύθυνο για την ελαστικότητα του δέρματος
- **το δίκτυο των αιμοφόρων και λεμφικών αγγείων**
- τα εξαρτήματα του δέρματος (**τριχοθυλάκια, ιδρωτοποιοί και σμηγματογόνοι αδένες**)
- **το δίκτυο των νευρικών απολήξεων του δέρματος**.

1.4. Υποδόριος ιστός



Το υπόδερμα (υποδόριος ιστός/Subcutis)

Το στρώμα του υποδόριου ιστού αποτελείται από χαλαρό συνδετικό ιστό που συνδέει χαλαρά το δέρμα με τα υποκείμενα όργανα και επιτρέπει τη διολίσθηση του δέρματος πάνω σε αυτά. Διασχίζεται από προσεκβολές του χορίου, τις **ινώδεις δεσμίδες**. Οι ινώδεις δεσμίδες διαχωρίζουν τον υποδόριο ιστό στα **λιπώδη λόβια**.

Ο υποδόριος ιστός περιέχει λιποκύτταρα, που ποικίλλουν σε **αριθμό** ανάλογα με την περιοχή του σώματος και σε **μέγεθος**, ανάλογα με τη διατροφική κατάσταση του ατόμου (παχύσαρκος ή λεπτός).

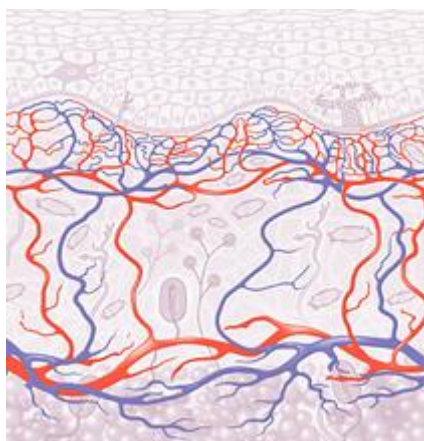
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΑΓΓΕΙΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

2.1. Τροφοδοσία του δέρματος

Στο δέρμα υπάρχουν τόσο αιμοφόρα, όσο και λεμφοφόρα αγγεία, τα οποία χρησιμεύουν για τη **θερμορύθμιση**, αλλά και για τη **θρέψη** του δέρματος. Τα αγγεία εντοπίζονται στο χόριο. **Η επιδερμίδα στερείται αγγείων.**

Οι αρτηρίες προέρχονται από μυϊκούς κλάδους. Διατάσσονται σε δυο κύρια οριζόντια δίκτυα, το εν τω βάθει ή **υποχοριοειδές πλέγμα**, και το επιπολής ή **υποθηλώδες πλέγμα**. Το υποχοριοειδές πλέγμα βρίσκεται μεταξύ του χορίου και του υποδόριου ιστού. Από το πλέγμα αυτό ξεκινούν **κλάδοι για το υποδόριο λίπος και ανιόντα αρτηρίδια για το χόριο.**

Το υποθηλώδες πλέγμα βρίσκεται μεταξύ θηλώδους και δικτυωτής στιβάδας του χορίου. Χορηγεί **τριχοειδείς αγκύλες** υπό ορθή γωνία μέσα στις θηλές του χορίου. Επίσης, άλλα αρτηρίδια αποσχίζονται από το υποθηλώδες πλέγμα και δημιουργούν τριχοειδείς αγκύλες που αιματώνουν τους **αδένες** και τους **θυλάκους των τριχών**. Κάθε τριχοειδής αγκύλη αποτελείται από ένα **ανιόν αρτηριακό σκέλος** και ένα **κατιόν φλεβικό σκέλος**. Από το αίμα των τριχοειδών αγκυλών τρέφεται **διαμέσω της βασικής μεμβράνης και η επιδερμίδα.**



Τα αιμοφόρα αγγεία – Τροφοδοσία του δέρματος

Οι φλέβες διατάσσονται σε δυο πλέγματα, το **υποθηλώδες** και το **υποχοριοειδές**. Τα πλέγματα αυτά εντοπίζονται παράλληλα με τα δίκτυα των αρτηριών. Οι φλέβες κινούνται παράλληλα, αλλά με αντίθετη φορά από τις αρτηρίες.

Σε αρκετές περιοχές του σώματος (παλάμες, πέλματα, πλάγιες επιφάνειες των δακτύλων, κοίτη του όνυχα, γλουτοί, μέση μοίρα προσώπου) υπάρχουν ειδικά αγγεία, οι **αρτηριοφλεβικές αναστομώσεις**, που συνδέουν απευθείας τα αρτηρίδια με τα φλεβίδια, ώστε, όταν αυτές λειτουργούν, να παρακάμπτεται η κυκλοφορία των τριχοειδών αγκυλών. Οι αναστομώσεις αυτές έχουν μεγάλη σημασία για τη θερμορύθμιση (όταν λειτουργούν οι αναστομώσεις, αποβάλλεται λιγότερη θερμότητα από το δέρμα και διατηρείται έτσι η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος).

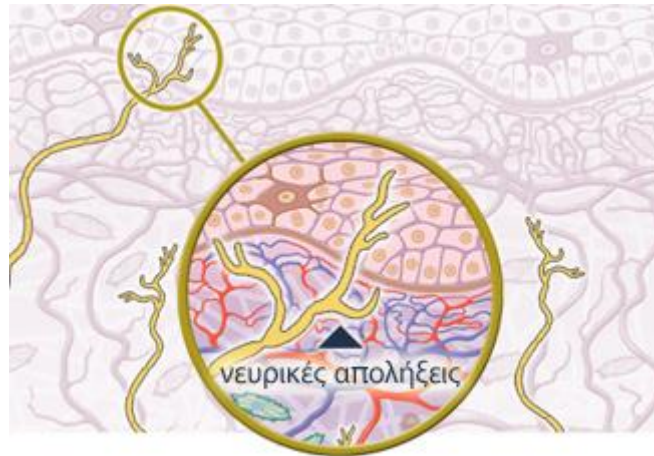
Τα **λεμφαγγεία** ξεκινούν από τις θηλές του χορίου ως λεμφοφόρα τριχοειδή με τυφλό και ανευρυσμένο άκρο. Σχηματίζουν στη θηλώδη στιβάδα του χορίου το **υποθηλώδες λεμφικό δίκτυο** με ευρύτερα αγγεία, τα **λεμφαγγεία**, που γίνονται ακόμη μεγαλύτερα καθώς ακολουθούν την πορεία των αιμοφόρων αγγείων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΝΕΥΡΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

3.1. Νεύρα και ειδικά υποδεκτικά όργανα δέρματος

Η νεύρωση του δέρματος διαθέτει ένα πλούσιο δίκτυο από **νευρικούς σχηματισμούς** και από **ελεύθερες νευρικές απολήξεις**. Η νεύρωση του δέρματος προέρχεται τόσο από το ζωικό, όσο και από το αυτόνομο (φυτικό) νευρικό σύστημα.

- Στο φυτικό νευρικό σύστημα ανήκουν οι κλάδοι που διανέμονται **στους αδένες, τα αγγεία και τους ορθωτήρες μύες των τριχών**.
- Στο ζωικό νευρικό σύστημα ανήκουν οι κλάδοι που προέρχονται από τα **αισθητικά νεύρα** και εξυπηρετούν κυρίως τη λειτουργία του δέρματος ως αισθητήριο οργάνου. Οι κλάδοι αυτοί παραλαμβάνουν διεγέρσεις από ειδικά υποδεκτικά όργανα που βρίσκονται σε όλο το πάχος του δέρματος και είναι τα εξής:



Το νευρικό σύστημα του δέρματος

3.1.1. Στην επιδερμίδα

- **Ελεύθερες νευρικές απολήξεις:** παραλαμβάνουν διεγέρσεις σχετικές με τον **πόνο**. Εισχωρούν στη βασική στιβάδα και καταλήγουν στη μαλπιγιανή στιβάδα.
- **Απτικοί δίσκοι (κύτταρα Merkel):** εξυπηρετούν την **αφή**. Εντοπίζονται στη βασική στιβάδα.

3.1.2. Στο χόριο

- **Ελεύθερες νευρικές απολήξεις:** εξυπηρετούν τον πόνο και βρίσκονται κυρίως στη θηλώδη στιβάδα.
- **Απτικά σωμάτια (σωμάτια Meissner):** εξυπηρετούν την αίσθηση της **λεπτής αφής** και εντοπίζονται στις θηλές του άτριχου δέρματος. Αποτελούνται από εμύελες και αμύελες νευρικές ίνες και όλο το σωματίο περιβάλλεται από κάψα συνδετικού ιστού.
- **Τελικές κορόνες (του Krause):** εντοπίζονται στη θηλώδη στιβάδα του χορίου, ιδιαίτερα στα χείλη και τη γλώσσα. Εξυπηρετούν την αίσθηση του **ψύχους**.

- **Γεννητικά νευροσωμάτια:** παρόμοια με τις κορόνες του Krause, αλλά πιο ογκώδη, παραλαμβάνουν διεγέρσεις σχετικές με την **αίσθηση της ηδονής**. Εντοπίζονται στα γεννητικά όργανα.
- **Σωμάτια του Ruffini:** εντοπίζονται στον υποδόριο ιστό των δακτύλων και στο χόριο. Εξυπηρετούν την αίσθηση της **θερμότητας**.
- **Περιτρίχιες απολήξεις:** εξαπλώνονται κυρίως γύρω από τον ινώδη θύλακα της τρίχας. Εξυπηρετούν την αίσθηση της **πίεσης**.

3.1.3. Στον υποδόριο ιστό

- **Πεταλιώδη σωμάτια (Vater-Paccini):** εντοπίζονται κυρίως στο άτριχο δέρμα και γύρω από τη γεννητική περιοχή. Περιβάλλονται εξωτερικά από κάψα και διαθέτουν εμμύελες νευρικές ίνες. Εξυπηρετούν την αίσθηση της **ισχυρής πίεσης** και είναι ευαίσθητα στις **δονήσεις**.
- **Σωμάτια Golgi-Mazzoni:** εντοπίζονται στο δέρμα του περίνεου, των δακτύλων και των επιπεφυκώτων. Εξυπηρετούν την αίσθηση των **ελαφρών πιέσεων**.
- **Σωμάτια Ruffini.**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

4.1. Περιγραφή

Στα εξαρτήματα του δέρματος περιλαμβάνονται:

- **Οι τρίχες**
- **Οι αδένες του δέρματος (σμηγματογόνοι & ιδρωτοποιοί)**
- **Οι όνυχες.**

4.1.1. Τρίχες

Οι τρίχες είναι κεράτινα εξαρτήματα του δέρματος με σχήμα νηματοειδές και κυλινδρικό, που αναδύονται λοξά από εγκολλώσεις της επιδερμίδας, τους **τριχοσμηγματικούς θύλακες ή τριχοθυλάκια**. Οι τρίχες υπάρχουν σε όλη την επιφάνεια του σώματος, εκτός από τα πέλματα, τις παλάμες, τις πλάγιες επιφάνειες των δακτύλων, την ονυχοφόρο φάλαγγα, τη θηλή του μαστού, την πόσθη και τους ημιβλενογόνους (χείλη, βάλανος, κλειτορίδα, μικρά χείλη και έσω επιφάνεια των μεγάλων χειλέων του αιδοίου). Ο συνολικός αριθμός των τριχοθυλακίων υπολογίζεται σε 5 εκατομμύρια κατά τη γέννηση, από τα οποία το 1 εκατομμύριο βρίσκεται στην κεφαλή. Το πρόσωπο έχει περίπου 600 τρίχες ανά τετραγωνικό εκατοστό και το υπόλοιπο σώμα περίπου 60 ανά τετραγωνικό εκατοστό.

Μαζί με τα νύχια, αποτελούν τα κεράτινα εξαρτήματα του δέρματος του ανθρώπου.

Αποτελούνται από άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο, άζωτο και θείο. Είναι εύκαμπτες, ελαστικές, υγροσκοπικές και δυσθερμαγωγές.

Το μέγεθος, το πάχος, η πυκνότητα, το σχήμα και το χρώμα των τριχών, διαφέρουν από το ένα άτομο στο άλλο. Αυτά διαφοροποιούνται σε σχέση με το φύλο, τη φυλή, την ηλικία και την περιοχή του σώματος που βρίσκονται.

ΜΕΣΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΡΙΧΩΝ

Άνθρακας	45,2%
Υδρογόνο	6,6%
Οξυγόνο	27,9%
Άζωτο	15,1%
Θείο	5,2% (από την κυστίνη)

4.1.1.1. Κερατίνη – Κερατινοποίηση

Η κερατίνη είναι μια ινώδης πρωτεΐνη η οποία ανήκει στις δομικές πρωτεΐνες μαζί με το κολλαγόνο και την ελαστίνη και σχηματίζεται στην επιδερμίδα, στα νύχια και στις τρίχες. Είναι η ουσία η οποία είναι υπεύθυνη για τη σκλήρυνση των κυττάρων της τρίχας, με αποτέλεσμα όταν αυτή αναδύεται τελικά από το δέρμα, να μην είναι μαλακή, υγρή ή σε μορφή ζελέ, όπως είναι τα κύτταρα στο βολβό, αλλά σκληρή και εύκαμπτη.

Η κερατίνη παρουσιάζεται σε διάφορους τύπους. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο διαφέρουν τόσο πολύ μεταξύ τους δομές που περιέχουν κερατίνη, όπως η επιδερμίδα και το περιτρίχιο, που είναι πιο μαλακά από την ίδια την τρίχα.

Θεωρείται ότι υπάρχουν δύο είδη κερατίνης, η *μαλακή* και η *σκληρή κερατίνη*. Οι τρίχες και τα νύχια ολοκληρώνοντας την όλη διαδικασία, υφίστανται σκληρή κερατινοποίηση ενώ το δέρμα υφίσταται μαλακή κερατινοποίηση.

Κερατινοποίηση της τρίχας είναι η διαδικασία η οποία περιλαμβάνει μια σειρά αλλαγών που υφίστανται τα κύτταρα καθώς μετατρέπονται από σπερματικά κύτταρα, τα οποία δημιουργήθηκαν στη μήτρα του βολβού, σε κύτταρα στελέχους.

Καθώς τα κύτταρα της τρίχας μετακινούνται από τον βολβό προς το στέλεχος, μετατρέπονται από μαλακές, κυκλικές, ζελατινές δομές σε επιμήκεις, ινώδεις δομές, με εμφάνιση ράβδων. Ενώ αναπτύσσονται και μετακινούνται προς το στέλεχος, χάνουν όλο και περισσότερα υγρά στοιχεία, κερατινοποιούνται όλο και περισσότερο, μέχρις ότου απομείνουν χωρίς καθόλου υγρά, κερατινοποιημένα και επομένως νεκρά.

4.1.1.2. Τριχοσμηγματικός θύλακας

Οι τρίχες βρίσκονται μέσα σε σωληνοειδείς καταδύσεις της επιδερμίδας, που φθάνουν ως το χόριο ή τον υποδόριο ιστό και αποτελούν τους θύλακες των τριχών.

Ο θύλακας της τρίχας δεν είναι απλά ένα κοίλωμα της επιδερμίδας μέσα στο δέρμα αλλά αποτελεί έναν ινοεπιθηλιακό σχηματισμό. Ο σχηματισμός του είναι πολύπλοκος και αποτελείται από συνεκτικό και επιθηλιακό ιστό.

Σε αυτόν προσαρτώνται δύο όργανα:

- ο *ορθωτήρας μυς*,
- ο *σμηγματογόνος αδένας*.

Το σύνολο των οργάνων αυτών αποτελεί τον *τριχοσμηγματικό θύλακα*.

Πολλές φορές αποκρινείς ιδρωτοποιοί αδένες διοχετεύουν το έκκριμά τους μέσα στον θύλακα.

Ο θύλακας της τρίχας χωρίζεται σε δύο τμήματα τα οποία είναι:

- Η *είσοδος*, η οποία είναι ένας χωνοειδής σωλήνας με αρχή το σημείο που εκβάλλει ο σμηγματογόνος αδένας και τέλος τον πόρο στην επιφάνεια του δέρματος, το ακροκόλπωμα του θύλακα και
- το *τμήμα του θύλακα στο βάθος*.

Το στέλεχος της τρίχας στην είσοδο βρίσκεται ελεύθερο και κινητό. Στο δεύτερο τμήμα η τρίχα είναι προσκολλημένη στα τοιχώματα του θύλακα και αποτελεί με αυτόν έναν ενιαίο σχηματισμό.

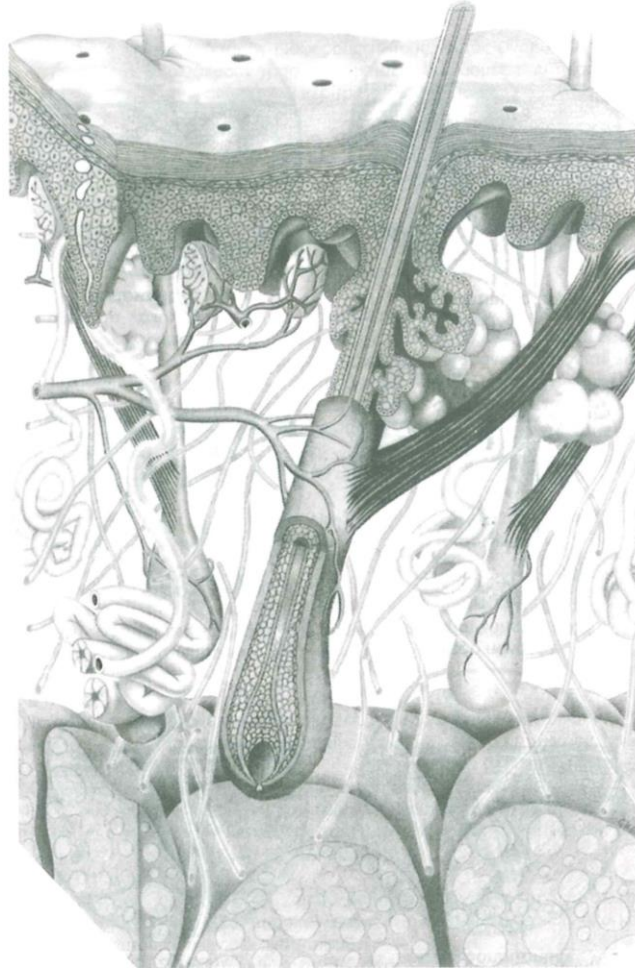
Το πάχος και το πλάτος του θύλακα της τρίχας είναι μικρότερο στον αυχένα, αμέσως κάτω από το σημείο δηλαδή που εκβάλλει ο σμηγματογόνος αδένας, ενώ είναι μεγαλύτερο στο σημείο όπου προσφύεται ο ορθωτήρας μυς.

Ο ορθωτήρας μυς της τρίχας

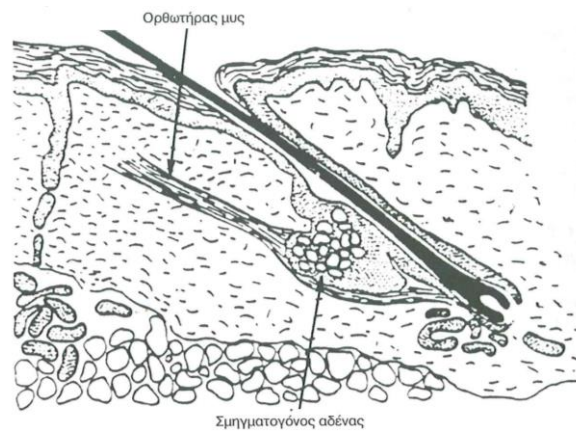
Ο ορθωτήρας μυς της τρίχας έχει σχήμα ταινιοειδές και πλάτος 45-200 μικρά. Αποτελείται από δεσμίδες λείων μυϊκών ινών.

Με λεπτούς ελαστικούς τένοντες προσφύεται στη θηλώδη μοίρα του χορίου από την μια πλευρά και στις θηλές περίπου, του ινώδη θύλακα από την άλλη. Έτσι φέρεται λοξά προς την επιφάνεια του δέρματος και μάλιστα προς την πλευρά της αμβλείας γωνίας, την οποία σχηματίζει η επίσης λοξά φερόμενη ρίζα της τρίχας, με το δέρμα.

Στη γωνία που σχηματίζουν ο μυς αυτός με την τρίχα, βρίσκεται και το σώμα του σμηγματογόνου αδένου.



Τομή δέρματος. Διακρίνονται τριχοσμηγματικοί αδένες



Τριχοσμηγματικός θύλακας (διακρίνονται ο τριχικός θύλακας, ο ορθωτήρας μυς και ο σμηματογόνος αδένας)

Ο ορθωτήρας μυς νευρώνεται από το συμπαθητικό σύστημα και συσπάται αντανακλαστικά κάτω από την επίδραση διάφορων ψυχικών καταστάσεων ή μεταβολών της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Με την ενέργεια αυτή του ορθωτήρα μυ:

- ανορθώνεται η τρίχα (παραγωγή ορθοτριχίας-χίγναιο δέρμα)
- συντελείται η εκκένωση των σμηγματογόνων αδένων στο θύλακα της τρίχας
- κλείνουν οι πόροι των ιδρωτοποιών αδένων, με αποτέλεσμα να συντελείται θερμορύθμιση.

Σε κάθε ένα τριχοσμηγματικό θύλακα αντιστοιχεί ένας ορθωτήρας μυς.

Δεν υπάρχει ορθωτήρας μυς στους θύλακες του χνοώδους τριχώματος, στους θύλακες των τριχών του γενιού, του μουστακιού, του μετώπου, των φρυδιών, των βλεφαρίδων, της μύτης.

Σμηγματογόνοι αδένες του τριχοσμηγματικού θύλακα

Οι σμηγματογόνοι αδένες εκβάλλουν μέσα στον τριχοσμηγματικό θύλακα, με αποτέλεσμα να λιπαίνουν την τρίχα και να τη διατηρούν εύκαμπτη.

Αυτή η λειτουργία τους αποδεικνύεται πολύ σημαντική κατά τη διαδικασία της αποτρίχωσης με τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος (ηλεκτρική αποτρίχωση με βελόνα), που συνήθως εφαρμόζεται σε περιπτώσεις δασυτριχισμού.

4.1.1.3. Φυσιολογία της τρίχας

Χρώμα των τριχών

Το χρώμα των τριχών εμφανίζεται εξαρτημένο από την ποσότητα και τη μορφή της μελανίνης που βρίσκεται γύρω και μέσα στα κύτταρα του φλοιού, αλλά και από τις φυσαλίδες αέρα, οι οποίες βρίσκονται ανάμεσα στα κύτταρα του φλοιού και του μυελού.

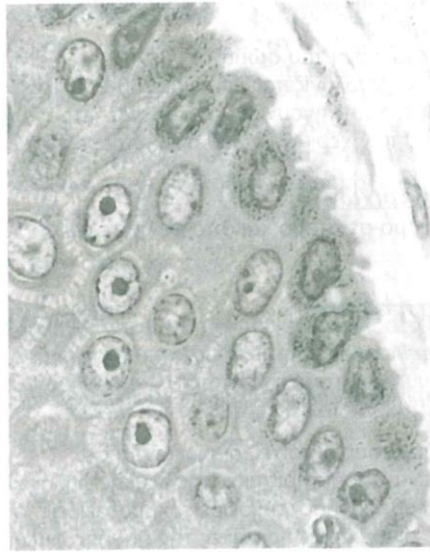
Αυτό μπορεί να είναι κίτρινο, καφέ, κόκκινο και μαύρο. Έτσι διακρίνονται τρίχες χρωματισμένες με τα παραπάνω χρώματα, αλλά και τρίχες χρωματισμένες με όλους τους δυνατούς χρωματισμούς που μπορεί να προκύψουν από το συνδυασμό των αρχικών.

Το χρώμα των τριχών συνήθως παρουσιάζεται σε συνδυασμό με το χρώμα του δέρματος και της ίριδας των ματιών και εξαρτάται από τη φυλή και την ηλικία του ατόμου.

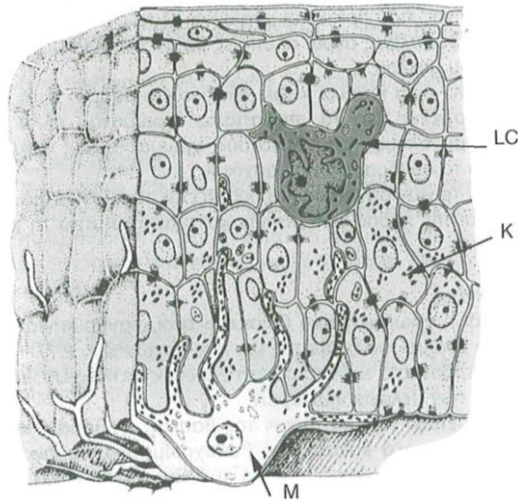
Στις τρίχες η μελανίνη παράγεται στους μελανινοβλάστες του άνω τμήματος του βολβού της ρίζας και μεταδίδεται στα κύτταρα της φλοιώδους και μυελώδους ουσίας. Αυτά, βαθμιαία κερατινοποιούνται και καθώς μετακινούνται, μεταφέρουν τα κοκκία της χρωστικής.

Τα μελανινοκύτταρα είναι δενδριτικά κύτταρα και μπορούν να αλλάζουν σχήμα και να δημιουργούν μια προεξοχή σα δάκτυλο, ώστε να μπορούν να ενέσουν τα κοκκία της μελανίνης μέσα στα κύτταρα της νέας τρίχας ενώ έχουν ακόμη μαλακή σύσταση, προτού να σκληρύνουν κερατινοποιούμενα. Οι προεξοχές αυτές καλούνται δενδρίτες.

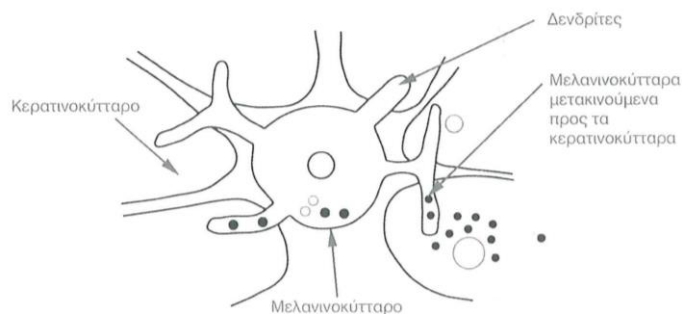
Μελανινοκύτταρα ανευρίσκονται ακόμη ανάμεσα στη θηλή και το βολβό της τρίχας. Μελανίνη ανευρίσκεται στο φλοιό της τρίχας, ενώ δεν υπάρχει στο περιτρίχιο.



Παρουσία κόκκινης μελανίνης στο κυτταρόπλασμα πολικών κερατινοκυττάρων της επιδερμίδας



Διαγραμματική απεικόνιση της επιδερμίδας. Διακρίνεται μελανοκύτταρο με τους δενδρίτες (όπου K = Κερατινοκύτταρο, M = Μελανοκύτταρο, LC = κύτταρο του Langerhans)



Μελανικόκύτταρο

Μέγεθος των τριχών

Οι τρίχες χωρίζονται από το μέγεθός τους σε **δύο κυρίως τύπους**:

1. Σε τελικές ή ώριμες τρίχες, οι οποίες είναι μεγάλες σε μέγεθος, συνήθως πιο σκούρες και το μήκος τους κυμαίνεται από 1 έως 100 εκατοστά (cm). Στις τελικές τρίχες η διάμετρος είναι περίπου 60 μ και ο βολβός τους βρίσκεται στον υποδόριο ιστό.
2. Σε χνοώδεις τρίχες, οι οποίες είναι μικρότερες, είναι λιγότερο χρωματιστές και το μήκος τους δεν ξεπερνά τα 2 cm. Έχουν διάμετρο μικρότερη από 30 μ και ο βολβός τους βρίσκεται στο χόριο.

4.1.1.4. Ανατομία της τρίχας

Σε κάθε τρίχα διακρίνονται:

- Το στέλεχος
- Η ρίζα.

Στέλεχος

Το *στέλεχος* εκτείνεται από το σημείο που εκβάλλει ο σμηγματογόνος αδένας μέσα στον τριχοσμηγματικό θύλακα μέχρι την απόληξη του ελεύθερου άκρου της τρίχας. Αυτό το ελεύθερο άκρο καλείται κορυφή της τρίχας.

Ρίζα

Η *ρίζα* βρίσκεται μέσα στο δέρμα και περιβάλλεται από διάφορα έλυτρα και όργανα. Η ρίζα των τελογενών τριχών φθάνει μέχρι το υπόδερμα ενώ του χνοώδους τριχώματος μέχρι το χόριο.

Το άκρο της ρίζας καταλήγει σε κωνοειδή διόγκωση που λέγεται *βολβός* της τρίχας και χρησιμεύει για τη διάπλαση και ανάπτυξη της.

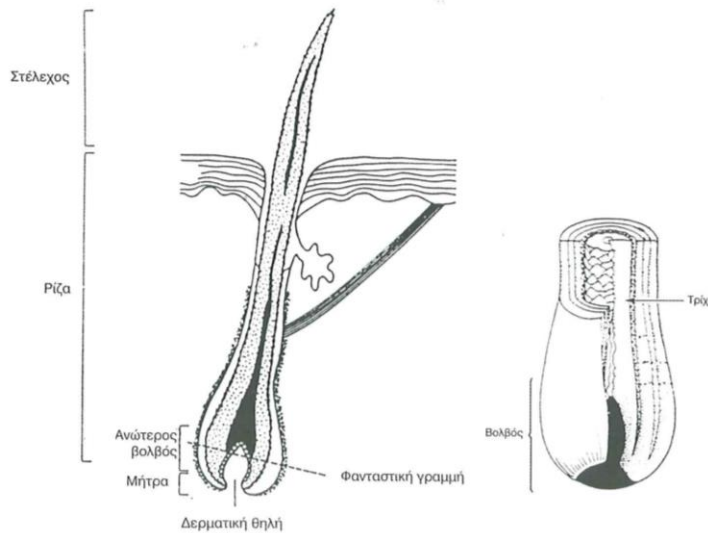
Μέσα στο βολβό, εισχωρεί μια προσεκβολή του χορίου γεμάτη με αγγεία και νεύρα. Η προσεκβολή αυτή, είναι το σημείο από το οποίο τρέφεται η τρίχα και ονομάζεται *θηλή* της τρίχας.

Ο βολβός

Ο *βολβός* της τρίχας αποτελείται από επιθηλιακά κύτταρα και χωρίζεται σε δύο περιοχές.

Ο χωρισμός αυτός παρέχει τη δυνατότητα περιγραφής του ρόλου και του σκοπού της κάθε περιοχής. Γίνεται κατά μήκος του πλατύτερου τμήματος του βολβού με μία μεταβατική, φανταστική γραμμή, η οποία τον χωρίζει στο:

- άνω τμήμα του βολβού, που είναι το ανώτερο τμήμα της μεγενθυμένης βάσης του και
- στη μήτρα του βολβού, που είναι το κατώτερο τμήμα και το σπερματικό κέντρο.



Σχηματική παράσταση στελέχους-ρίζας και σχηματική απεικόνιση ρίζας

Η *μήτρα* είναι το σημείο που συμβαίνουν οι σημαντικές αλλαγές, τα «γεγονότα» μέσα στο βολβό. Εδώ είναι που ξεκινάει η ζωή της τρίχας, εδώ γεννιέται και το ανώτερο τμήμα του βολβού.

Νέα κύτταρα αναπτύσσονται μέσα από τις διεργασίες του κυτταρικού χωρισμού στη μήτρα, της μίτωσης. Αυτά καθώς μεγαλώνουν, κινούνται προς τα επάνω και αλλάζουν σχήμα και φόρμα, με σκοπό να γίνουν πλέον αναγνωρίσιμες τρίχες. Μετατρέπονται από στρογγυλά σε επιμήκη και αποκτούν χρώμα. Ακόμη χάνουν υγρασία και μετατρέπονται σε σκληρά, κερατινοποιημένα κύτταρα. Τότε αναδύονται στην επιφάνεια του δέρματος σα στελέχη τριχών.

Τα κύτταρα αυτά καθώς απομακρύνονται από το βολβό, είναι εντελώς κερατινοποιημένα και νεκρά. Ο βολβός είναι το μόνο τμήμα της τρίχας όπου τα κύτταρα είναι ζωντανά.

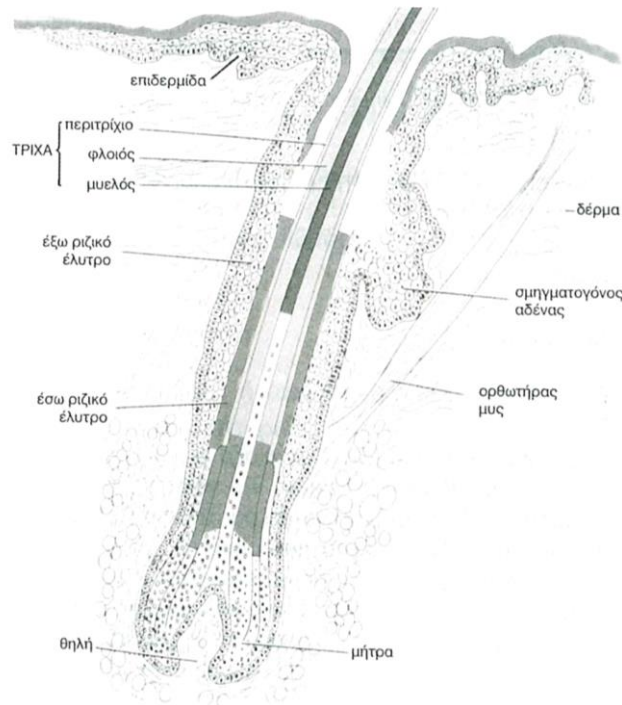
4.1.1.5. Ιστολογία της τρίχας

Μέσα στο βολβό της τρίχας βρίσκονται τα μητρικά κύτταρα, τα οποία διαφοροποιούνται και σχηματίζουν την τρίχα καθώς και διάφορα έλτρά της.

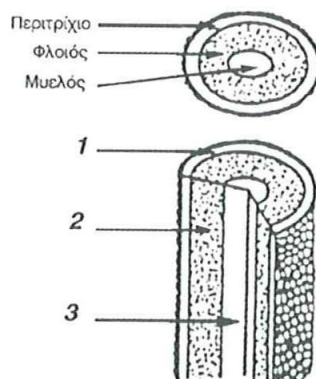
Σε αντίθεση με τα βασικά κύτταρα της επιδερμίδας, από τα οποία παράγεται μία τάξη κυττάρων (τα κύτταρα όλων των στιβάδων της επιδερμίδας θεωρούνται εξελικτικές μορφές του ίδιου τύπου κυττάρων και κατατάσσονται στα κύτταρα

επιθηλιακού τύπου), τα βασικά κύτταρα του βολβού της τρίχας, διαφοροποιούνται σε διαφορετικές σειρές κυττάρων.

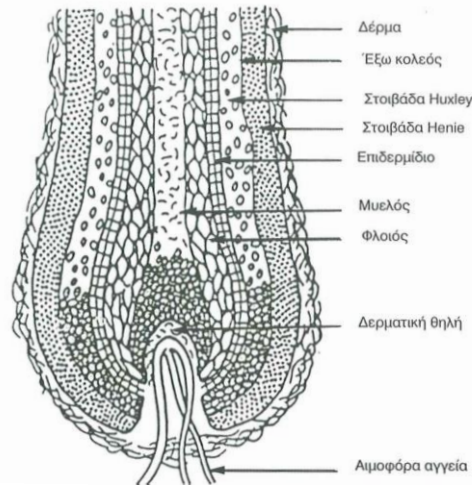
Με αυτό τον τρόπο, σχηματίζονται οι τρεις στιβάδες του έσω επιθηλιακού ελύτρου (κολεού) της τρίχας και οι τρεις στιβάδες που αποτελούν την ίδια την τρίχα.



Διαγραμματική απεικόνιση της τρίχας μέσα σε τριχικό θύλακα (διακρίνονται οι διαφορετικές κυτταρικές σειρές που προκύπτουν από τα βασικά κύτταρα του βολβού)



Εγκάρσια τομή τρίχας



**Σχηματική παράσταση των διαφοροποιημένων κυτταρικών
σειρών του τριχικού θύλακα και της τρίχας**

Σε εγκάρσια διατομή της τρίχας στο ύψος της ρίζας, διακρίνονται από το κέντρο προς την περιφέρεια:

- η μυελώδης ουσία ή μυελός
- η φλοιώδης ουσία ή φλοιός
- το περιτρίχιο
- ο έσω ή επιθηλιακός θύλακας και ο έξω ή ινώδης θύλακας

α. Μυελώδης ουσία ή μυελός

Τα κύτταρα του μυελού αρχίζουν να δείχνουν κυστίδια μέσα στο κυτταρόπλασμα τους. Τέτοια κύτταρα περιέχουν γλυκογόνο και πιθανώς να συμπεριλαμβάνουν τα μελανοσώματα. Τελικά πάνω από το επίπεδο της επιδερμίδας τα κύτταρα εμφανίζονται αφυδατωμένα και τα κενοτόπια είναι γεμάτα με αέρα. Στον βολβό της τρίχας αντί για φυσαλίδες αέρα υπάρχουν σταγονίδια ελαιοειδίνης. Στο χνούδι λείπει η ελαιοειδίνη από την κορυφή των στελεχών.

Ο μυελός δεν υπάρχει στο χνούδες τριχώμα και μπορεί να μην υπάρχει ακόμη και σε πολλές άλλες φυσιολογικές τρίχες. Τρίχες του τελικού τριχώματος, όπως αυτές στα παιδιά, φαίνεται ότι δεν διαθέτουν ορατό μυελό.

Ο σκοπός του μυελού είναι αφανής, αλλά η απουσία του στο χνούδι μπορεί να υποδηλώνει ότι ο ρόλος του σχετίζεται με το περαιτέρω δυνάμωμα της τρίχας.

β. Ο φλοιός

Στη ζώνη ακριβώς κάτω από την κορυφή της θηλής παρατηρούνται μικροϊνίδια στα κύτταρα που δίνουν γένεση στο φλοιό. Πολύ γρήγορα συναθροίζονται και σχηματίζουν συσσωματώματα. Στην άνω περιοχή του βολβού παρατηρούνται συσσωματώματα πλάτους μερικών δεκάτων του μικρού ως ινίδια στο οπτικό μικροσκόπιο. Στο επίπεδο αυτό τα ινίδια δείχνουν διπλή διάθλαση και δίνουν στην ανάλυση με ακτίνες X πρότυπο παραθλάσεως α τύπου. Έτσι η σύνθεση της βασικής δομής έχει ουσιαστικά συμπληρωθεί. Στη συνέχεια αναπτύσσεται το πιο πυκνό πλούσιο σε θείο στρώμα, συγχρόνως με την έντονη αντίδραση δισουλφιδικών ομάδων, που αποδεικνύει την παρουσία δεσμών μεταξύ κυστεϊνών. Σε αντίθεση με

την επιφανειακή επιδερμίδα και το εσωτερικό περίβλημα της ρίζας, σε κανένα στάδιο δεν εμφανίζονται κοκκία κερατοϋαλίνης. Στην εξέταση με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο ο τελείως ώριμος φλοιός αποτελείται από στενά διατεταγμένα ατρακτοειδή κύτταρα τα όρια των οποίων χωρίζονται από μία στενή σχισμή (20-25 nm), περιέχει δε μία πυκνή κεντρική πλασματική μεμβράνη, την διακυτταρική στιβάδα, που πιστεύεται ότι είναι πρωτεϊνικής φύσεως και συγκολλά τα κύτταρα.

Μέσα στα κύτταρα τα περισσότερα από τα μικροϊνίδια είναι πυκνά διατεταγμένα σε σχήμα επιμήκες, δημιουργώντας φολίδες, παρ' όλο ότι μερικά παραμένουν σε χαλαρά δεμάτια. Σε εγκάρσιες τομές αυτές οι φολίδες έχουν την χαρακτηριστική εμφάνιση δακτυλικών αποτυπωμάτων.

Παρατηρούνται κοκκία χρωστικής και φυσαλίδες αέρα. Στο πρωτόπλασμα των κυττάρων του φλοιού βρίσκεται μελανίνη, διαλυμένη ή σε μορφή κοκκίων, των οποίων η ποιότητα και ποσότητα ορίζουν τη χροιά των τριχών κάθε ατόμου.

γ. Το περιτρίχιο

Αποτελείται από 5 έως 10 κυτταρικές στιβάδες επισυσσωρευμένες, κάθε μία 350-450 nm πάχους. Τα ώριμα κύτταρα είναι λεπτές φολίδες που αποτελούνται από συμπαγή επιδερμική κερατίνη, η οποία εμφανίζει εξωτερική και εσωτερική ζώνη διαφορετικής πυκνότητας. Μεταξύ των ορίων των κυττάρων υπάρχει ένα στενό κενό (30 nm), που περιέχει μια κεντρική ενδοκυτταρική στιβάδα. Από έξω οι φολίδες φαίνονται να είναι διατεταγμένες όπως τα κεραμίδια μιας στέγης. Πάνω από το μέρος της τρίχας που έχει σχηματιστεί πρόσφατα, τα όρια των φολίδων είναι γραμμικά, αλλά καθώς η τρίχα φύεται από το δέρμα τα όρια γίνονται πριονωτά και προοδευτικά σπάζουν και πέφτουν, διαφοροποιούνται δε στο τριχοθυλάκιο.

Η εξωτερική επιφάνεια του περιτριχίου έχει μία πολύ διαυγή στιβάδα, που είναι πλούσια σε πρωτεΐνη με υψηλή συγκέντρωση θείου. Αυτό προφυλάσσει τα κύτταρα του περιτριχίου από πρόωρη καταστροφή λόγω χημικών και φυσικών προσβολών.

δ. Ο έσω ή επιθηλιακός θύλακας

Ο έσω ή επιθηλιακός θύλακας αποτελεί συνέχεια της επιδερμίδας και απαρτίζεται από δύο στιβάδες:

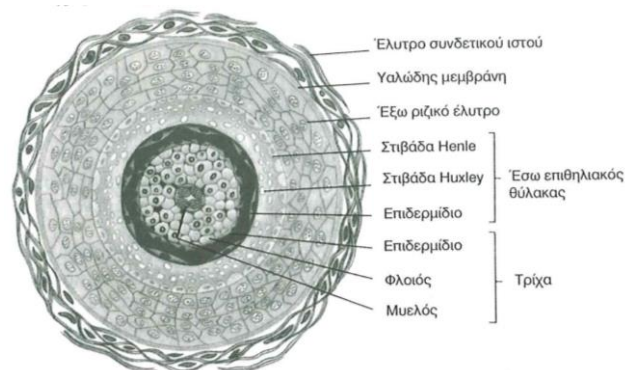
- τον έσω κολεό
- τον έξω κολεό

δ1. Ο έσω κολεός ή έσω επιθηλιακό έλυτρο, απαρτίζεται από δύο με τρεις στίχους κυττάρων, παράγεται από τα μητρικά κύτταρα του βολβού της τρίχας και αποτελεί συνέχεια της κεράτινης στιβάδας της επιδερμίδας. Κάτω από την εκβολή των σμηγματογόνων αδένων και ειδικότερα στο βολβό της τρίχας, σχηματίζεται από τρεις στιβάδες οι οποίες από μέσα προς τα έξω είναι:

- Το επιδερμίδιο του έσω κολεού, το οποίο συμφύεται με το περιτρίχιο της τρίχας.
- Η στιβάδα του Huxley, αποτελούμενη από ένα στίχο εμπύρηνων κυττάρων.
- Η στιβάδα του Henle, αποτελούμενη από ένα με δύο στίχους απύρηνων κυττάρων.

Η τρίχα είναι στερεά προσκολλημένη στον έσω κολεό και όταν αυτή αποσπάται από το δέρμα, πολλές φορές αποσπάται μαζί της και ο έσω ή επιθηλιακός θύλακας, περιβάλλοντάς την σε μια λευκή θήκη.

δ2. Ο έξω κολεός, αποτελείται από 5-10 στίχους κυττάρων και είναι συνέχεια της βασικής και μαλλιγιανής στιβάδας της επιδερμίδας. Στη συνέχεια, ο συνδετικός ιστός που περιβάλλει το θύλακα της τρίχας, γίνεται πυκνότερος και σχηματίζει τον ινώδη θύλακα.



Διαγραμματική απεικόνιση τριχικού θύλακα σε εγκάρσια τομή κάτω από το επίπεδο της εισόδου του σημηματογόνου αδένα

ε. Ο έξω ή ινώδης θύλακας

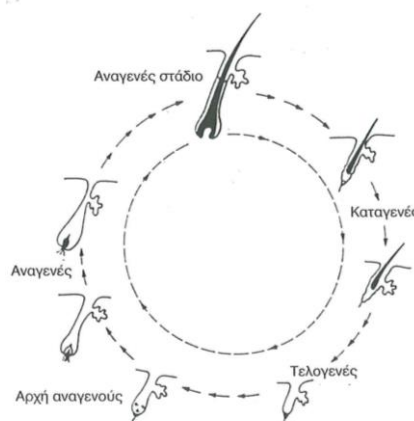
Ο έξω ή ινώδης θύλακας αποτελείται από τρεις υμένες:

- τον επιμήκη ινώδη προς τα μέσα
- τον κυκλοτερή ινώδη στο μέσον
- τον υαλώδη προς τα έξω.

Όταν αποσπάται η τρίχα, ο υαλώδης υμένας παραμένει πάντα μέσα στο θύλακα, ενώ εξέρχονται μαζί της ο κυκλοτερής ινώδης, ο επιμήκης ινώδης και ο έσω ή επιθηλιακός θύλακας.

Η εξωτερική επιφάνεια του έξω ή ινώδη θύλακα, αποτελεί το σημείο πρόσφυσης στον τριχικό θύλακα του ορθωτήρα μυ της τρίχας.

4.1.1.6. Ο κύκλος της τρίχας



Κύκλος της τρίχας

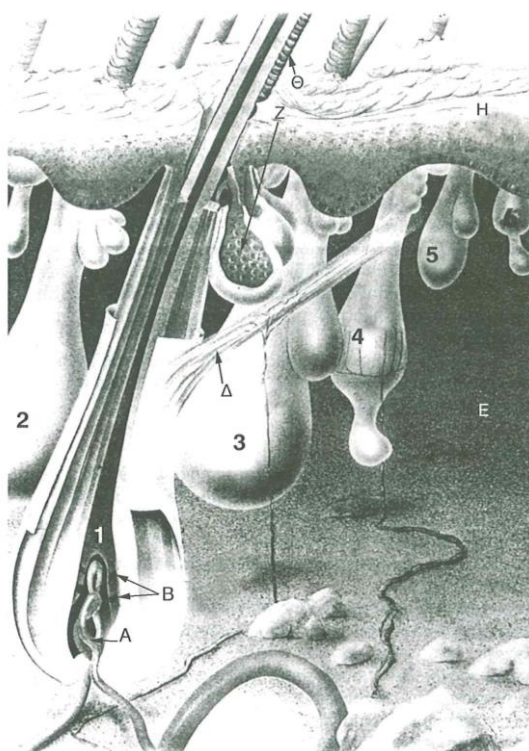
Όλες οι τρίχες ακολουθούν ένα κύκλο ανάπτυξης στον οποίο περιλαμβάνεται η αύξηση, η πτώση καθώς και η εκ νέου ανάπτυξη της νέας τρίχας.

Ο κύκλος αυτός δεν έχει συγκεκριμένη διάρκεια για όλες τις τρίχες.

Γενικά όμως ο βιολογικός κύκλος των τριχών αποτελείται από τρία στάδια:

- το στάδιο της ανάπτυξης, που είναι γνωστό σαν αναγενές στάδιο,
- το στάδιο της παλινδρόμησης, που είναι γνωστό σαν καταγενές στάδιο,
- το στάδιο της ηρεμίας, που είναι γνωστό σαν τελογενές στάδιο.

4.1.1.7. Μωσαϊκό ανάπτυξης των τριχών



Σχηματική παράσταση του μωσαϊκού ανάπτυξης των τριχών (όπου: 1,2,3,4,5,6 = τριχικός θύλακας σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης, A = αιμοφόρα αγγεία, B = μελανοκύτταρα, Γ = βολβός, Δ = ορθωτήρας μυς, E = δέρμα, Z = σμηγματογόνος αδένας, H = επιδερμίδα, Θ = περιτρίχιο)

Οι θύλακες των τριχών εμφανίζουν *κυκλική δραστηριότητα*, η οποία στον άνθρωπο εκδηλώνεται με τη μορφή μωσαϊκού.

Το τρίχωμα δηλαδή, είναι ένα μωσαϊκό φάσεων ανάπτυξης, όπου η φάση ανάπτυξης του κάθε θύλακα, είναι ανεξάρτητη από εκείνη στην οποία βρίσκεται ένας γειτονικός θύλακας.

Κάθε στιγμή σε ολόκληρο το σώμα υπάρχει τρίχωμα σε διάφορες φάσεις, δηλαδή υπάρχουν τρίχες που βρίσκονται στο αναγενές στάδιο, στο καταγενές στάδιο και στο τελογενές στάδιο.

Από τις διάφορες φάσεις, τα στάδια αυτά της ανάπτυξης, παλινδρόμησης και ηρεμίας, περνούν όλες οι τρίχες.

Το πέρασμα αυτό όμως δε συμβαίνει ταυτόχρονα σε όλες τις περιοχές του σώματος και βέβαια ούτε στην ίδια περιοχή. Κάθε τρίχα ανανεώνεται ακολουθώντας τον δικό της ρυθμό.

Σκοπός του κύκλου είναι η εξασφάλιση της σταθερότητας του παρόντος ποσού τριχών.

4.1.2. Αδένες του δέρματος

4.1.2.1. Σμηγματογόνοι αδένες

Οι σμηγματογόνοι αδένες είναι **κυψελοειδείς αδένες**. Αποτελούνται από το **αδενικό σώμα** και τον **εκφορητικό πόρο**. Ο πόρος είναι βραχύς και φαρδύς και συνήθως καταλήγει στην άνω μοίρα ενός τριχοθυλακίου. Σε ορισμένες περιοχές, όπως είναι η βάλανος του πέος και της κλειτορίδας και τα χείλη, οι αδένες αυτοί εκβάλλουν κατευθείαν στην επιφάνεια της επιδερμίδας.

Είναι βυθισμένοι στο χόριο στο μεγαλύτερο μέρος του δέρματος. Η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη από **100 ανά τετραγωνικό εκατοστό** στο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας του σώματος. Στο πρόσωπο, το μέτωπο και το κρανίο η πυκνότητά τους αυξάνει σε **400-900 ανά τετραγωνικό εκατοστό**.

Ο σμηγματογόνος αδένας είναι παράδειγμα **ολοκρινούς αδένα**, επειδή το προϊόν της έκκρισης απελευθερώνεται μαζί με υπολείμματα νεκρών κυττάρων. **Οι σμηγματογόνοι αδένες αποτελούνται από μια στιβάδα αδιαφοροποίητων επιθηλιακών κυττάρων που επικάθονται πάνω στο βασικό υμένα**. Τα κύτταρα αυτά πολλαπλασιάζονται γειμίζοντας τις αδενοκυψέλες και διαφοροποιούνται, με τους πυρήνες τους να συρρικνώνονται και το κυτταρόπλασμά τους να γειμίζει με σταγονίδια λίπους. Στο τέλος τα κύτταρα αυτά διαρρηγνύονται και προϊόν της διεργασίας αυτή είναι το **σμήγμα**, δηλαδή το έκκριμα των σμηγματογόνων αδένων.

Το σμήγμα κινείται βαθμιαία προς την επιφάνεια του δέρματος. Περιέχει τριγλυκερίδια, σκουαλένιο, χοληστερόλη και εστέρες χοληστερόλης. Οι σμηγματογόνοι αδένες αρχίζουν να λειτουργούν **κατά την εφηβεία**. Ο πρωταρχικός παράγοντας ελέγχου της έκκρισης των σμηγματογόνων αδένων είναι η **τεστοστερόνη** στους άνδρες και ένας συνδυασμός **ωοθηκικών και επινεφριδικών αντιγόνων** στις γυναίκες. Το σμήγμα μπορεί να έχει ασθενείς αντιβακτηριακές και αντιμυκητιασικές ιδιότητες και λιπαίνει το δέρμα.

4.1.2.2. Ίδρωτοποιοί αδένες

Οι ιδρωτοποιοί αδένες υπάρχουν σε όλη την επιφάνεια του δέρματος, εκτός από το δέρμα των φρυδιών, την έσω επιφάνεια του πτερυγίου του αυτιού, το έσω πέταλο της ακροποσθίας και τα μικρά χείλη του αιδοίου. Ο αριθμός τους κυμαίνεται μεταξύ 2 και 4 εκτομμυρίων. Οι περισσότεροι εντοπίζονται στα πέλματα, τις παλάμες, το πρόσωπο και τη μασχάλη. Οι **αδένες του Moll** στις παρυφές των βλεφαρίδων και οι **κυψελιδοποιοί αδένες** του έξω ωτός είναι τροποποιημένοι ιδρωτοποιοί αδένες. Οι ιδρωτοποιοί είναι σωληνοειδείς εσπειραμένοι αδένες και διακρίνονται σε δύο τύπους: **1) τους εκκκριτικούς (μεροκρινείς) και 2) τους απεκκκριτικούς (αποκρινείς)**.

Οι μεροκρινείς ιδρωτοποιοί αδένες είναι **απλοί εσπειραμένοι σωληνοειδείς αδένες**, των οποίων οι πόροι εκβάλλουν στην επιφάνεια του δέρματος. Αποτελούνται από την εκκριτική μοίρα και τον εκφορητικό πόρο. Η εκκριτική μοίρα του αδένα βρίσκεται **μέσα στο χόριο** και περιβάλλεται από μυοεπιθηλιακά

κύτταρα. Η συστολή αυτών των κυττάρων εξωθεί το έκκριμα. Οι μεροκρινείς αδένες δέχονται **χολινεργικές νευρικές ίνες**.

Το έκκριμα των μεροκρινών αδένων είναι υπερδιήθημα του πλάσματος και παράγεται από ένα δίκτυο τριχοειδών που περιβάλλουν την εκκριτική μοίρα κάθε αδένου. Δεν είναι παχύρρευστο (**ιξώδες**) και **δεν έχει οσμή (άοσμο)**. Αποτελείται κυρίως από νερό, χλωριούχο νάτριο, ουρία, αμινοξέα, γαλακτικό και ουρικό οξύ. Το περιεχόμενό του σε νάτριο είναι σημαντικά χαμηλότερο από εκείνο του πλάσματος. Τα κύτταρα των εκφορητικών πόρων επανααρροφούν νάτριο.

Οι αποκρινείς ιδρωτοποιοί αδένες συναντώνται στις μασχάλες, την άλω των θηλών, του μαστού και την περιπρωκτική περιοχή. Είναι σωληνοειδείς αδένες με αναστομώσεις και μεγαλύτεροι από τους αποκρινείς ιδρωτοποιούς αδένες. Επεκτείνονται **τόσο στο χόριο, όσο και στον υποδόριο ιστό** και οι πόροι τους **εκβάλλουν στα τριχοθυλάκια**. Το έκκριμά τους είναι **μικρότερης ποσότητας** σε σχέση με αυτό των μεροκρινών αδένων, **παχύρρευστο (ιξώδες), λιγότερο όξινο και έχει ιδιαίτερη οσμή**. Νευρώνονται με **αδρενεργικές νευρικές απολήξεις**. Αναπτύσσονται και λειτουργούν **κατά την εφηβεία**, διότι εξαρτώνται από την κυκλοφορία των γεννητικών ορμονών.

Λειτουργίες: Η εφίδρωση ελέγχεται κυρίως από το νευρικό σύστημα και ανάλογα με το ερέθισμα που την προκαλεί διακρίνεται σε **1) συγκινησιακή 2) θερμορυθμιστική 3) γευστική**. Ο ιδρώτας, μετά την απελευθέρωσή του στην επιφάνεια του δέρματος, εξατμίζεται, προκαλώντας απόψυξη της επιφάνειας (**αποβολή θερμότητας**). Οι ιδρωτοποιοί αδένες λειτουργούν επίσης ως **επικουρικό απεκκριτικό όργανο**, για την απομάκρυνση ουσιών που είναι άχρηστες για τον οργανισμό (ουρία, ουρικό οξύ κ.α.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

5.1. Οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες του δέρματος

Το δέρμα όπως και τα άλλα όργανα του ανθρώπινου σώματος, περιέχει οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες. Οι σπουδαιότερες είναι:

- Οι **υδατάνθρακες**. Βρίσκονται σε μορφή γλυκόζης, γλυκογόνου και σύνθετων γλυκιδίων. Το γλυκογόνο βρίσκεται στη μαλλίγιανή στιβάδα και συμμετέχει στην κερατινοποίηση.
- Τα **λίπη**. Τα συναντούμε μέσα στα κύτταρα ή μεταξύ των κυττάρων. Η χοληστερίνη και τα φωσφολιπίδια παίζουν σημαντικό βιολογικό ρόλο.
- Οι **ηλεκτρολύτες**. Βρίσκονται σε μορφή χλωριούχων αλάτων. Το χλωριούχο νάτριο βρίσκεται εξωκυττάρια, ενώ το χλωριούχο κάλιο και το χλωριούχο μαγνήσιο ενδοκυττάρια. Σε φλεγμονές αυξάνεται το χλωριούχο νάτριο ενώ ελαττώνεται το χλωριούχο κάλιο.
- Το **ασβέστιο**.
- Το **θείο**. Βρίσκεται σε μεγάλη αναλογία στα τρία αμινοξέα. Την κυστίνη, την κυστεΐνη και την μεθειονίνη. Παίζει σημαντικό ρόλο στην κερατινοποίηση.
- Η **κερατίνη** είναι λευκωματοειδής ουσία και περιέχει δεκαοκτώ αμινοξέα. Σπουδαιότερα είναι η τυροσίνη, η τρυπτοφάνη και η κυστίνη. Είναι η συστατική ουσία της τρίχας, του νυχιού και της κεράτινης στιβάδας της επιδερμίδας. Διακρίνεται στη μαλακιά και στην σκληρή κερατίνη.
- Το **κολλαγόνο**. Απαντάται στις κολλαγόνες ίνες του χορίου.
- Η **μελανίνη**. Λευκωματοειδής ουσία που παράγεται στα μελανινοκύτταρα, από την τυροσίνη με την επίδραση της τυροσινάσης και από ένα συνένζυμο την χαλκοπρωτεΐνη.
- Η **ελαστίνη**. Αποτελεί την κύρια ουσία των ελαστικών ινών του χορίου.
- Η **δικτύνη**. Βρίσκεται στις δικτυωτές ίνες του χορίου.
- Η **ηπαρίνη**. Απαντάται στα κοκκία των σιτευτικών κυττάρων που βρίσκονται σε μεγάλη αναλογία ιδίως κατά μήκος των μικρών αγγείων.
- Το **καροτένιο (προβιταμίνη Α)**. Βρίσκεται στο λίπος της υποδερμίδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΔΕΡΜΑΤΟΣ

6.1. Περιγραφή των λειτουργιών του δέρματος

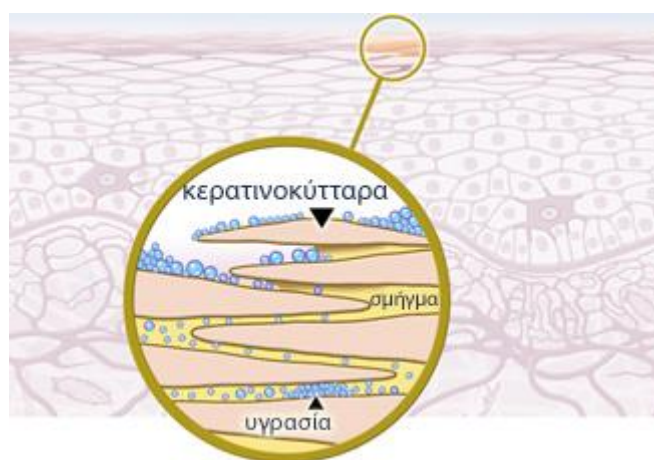
- Προστασία των υποκείμενων οργάνων από εξωτερικές μηχανικές βλάβες.
- Παρεμπόδιση εξάτμισης του νερού από τους ιστούς.
- Παρεμπόδιση εισόδου μικροβίων και χημικών ουσιών στο σώμα.
- Προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία χάρη στη μελανίνη.
- Ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος: το δέρμα μπορεί να αποβάλλει ή να εμποδίζει την αποβολή θερμότητας αυξάνοντας ή μειώνοντας αντίστοιχα το εύρος των αγγείων που διαθέτει. Ακόμη αποβολή θερμότητας μπορεί να επιτευχθεί με την εξάτμιση του ιδρώτα. Οι τρίχες και το υποδόριο λίπος αποτελούν θερμομονωτικά στρώματα.
- Αισθητήριο όργανο: το δέρμα διαθέτει υποδοχείς για την αφή, την πίεση, τον πόνο και τη θερμοκρασία.
- Αναπνευστικό όργανο: διενεργεί την άδηλη αναπνοή.
- Εκκριτικό όργανο: παραγωγή γάλακτος.
- Απεκκριτικό όργανο: αποβάλλει με τον ιδρώτα και το σμήγμα προϊόντα της ανταλλαγής της ύλης.
- Συμμετοχή στη σύνθεση της βιταμίνης D.
- Παραγωγή αντισωμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο **ΔΙΑΔΕΡΜΙΚΗ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ**

7.1. Ορισμός - Ημιπερατότητα της επιδερμίδας

Με τον όρο ημιπερατότητα της επιδερμίδας υποδηλώνεται η διέλευση μιας ουσίας μέσω της επιδερμίδας στο κυρίως δέρμα και η είσοδος της στην κυκλοφορία με συνέπεια την εκδήλωση τοπικών ή γενικότερων φαινομένων. Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει μια σειρά από ξεχωριστά και διαδοχικά στάδια διάβασης. Αρχικά τα μόρια της ουσίας θα πρέπει να εφαρμοστούν στην επιφάνεια της κεράτινης στιβάδας και ακολούθως να διαχυθούν μέσω αυτής στις επόμενες περιοχές διαβάσεως.

Δίνοντας μεγαλύτερη βαρύτητα στο σημείο όπου εφαρμόζονται η αισθητική φροντίδα και τα καλλυντικά, δηλαδή στην κεράτινη στιβάδα, ανακαλύπτουμε εκεί ένα σοφά σχηματισμένο σύστημα από τρία διαδοχικά παθητικά φράγματα.



Η υδρολιπιδική μεμβράνη

Το πρώτο είναι ο υδρολιπιδικός μανδύας, που καλύπτει εξωτερικά την επιδερμίδα. Το φυσικό αυτό γαλάκτωμα από την μίξη σμήγματος και ιδρώτα ονομάζεται επίσης όξινο μανδύας, επειδή έχει ελαφρώς όξινο pH. Η εξαιρετικά ισορροπημένη διπλή φύση του καλύπτει διπλό σκοπό. Έτσι, ενώ γενικά εμποδίζει την διέλευση των ουσιών, συγχρόνως είναι φιλικός και προς τις δύο πολικές φύσεις μιας ουσίας, την υδατική και την λιπαρή.

Το δεύτερο και πιο ισχυρό φράγμα, η κεράτινη στιβάδα, παρομοιάζεται με έναν τοίχο από τούβλα. Όπου τα τούβλα είναι τα νεκρά κύτταρα και το τσιμέντο η ενδιάμεση ουσία (λιπίδια και NMF). Τα νεκρά κύτταρα είναι σχεδόν αδιαπέραστα, έτσι η είσοδος και η έξοδος των ουσιών γίνεται μέσω της ενδιάμεσης ουσίας.

Το τρίτο και το πιο λεπτό φράγμα είναι η μεμβράνη Rein, η οποία αποτελεί μια συνεκτική μεμβράνη στη βάση της κεράτινης στιβάδας (έσω κεράτινη). Στο σημείο αυτό η κεράτινη αποκτά την πιο σφιχτή δομή και την μέγιστη σταθερότητα. Αυτό οφείλεται στο ιδιαίτερα χαμηλό pH της περιοχής που επηρεάζει αποτελεσματικά τη δομή των μόλις κερατινοποιημένων κυττάρων.

Έτσι, αν μια ουσία διαπερνά το πρώτο φράγμα (υδρολιπιδικός μανδύας) και το δεύτερο (κυρίως τις ενδιάμεσες υδατικές ζώνες του NMF) τότε αντιμετωπίζει το τρίτο και το πιο δραστικό παθητικό φράγμα. Με τον τρόπο αυτό τα ιόντα και οι

υδατοδιαλυτές ουσίες δεν εισχωρούν, επειδή εμποδίζονται από την ηλεκτρική φόρτιση της μεμβράνης και από την πυκνότερη διάταξη των λιπιδίων. Οι καθαρά λιπόφιλες ουσίες δεν συναντούν τόση αντίσταση στο λιπίδιο φράγμα του Rein αλλά εμποδίζονται κυρίως από τις υδρόφιλες ζώνες του NMF που κυριαρχούν σε όλο το ύψος της κεράτινης στιβάδας. Παρά την εξαιρετική της φρακτική ικανότητα, η μεμβράνη Rein είναι ένα αρμονικό βιολογικό σύνολο, δηλαδή συγχρόνως ανοιχτή όπως είναι και οι βιομεμβράνες. Όσον αφορά την μεταξύ τους ομοιότητα, αυτή περιορίζεται μόνο στα δομικά χαρακτηριστικά (συνύπαρξη υδρόφιλων και λιπιδίων ουσιών).

Τελικά τα μόρια της ουσίας, αφού περάσουν το τριπλό επιφανειακό φράγμα της επιδερμίδας, προσλαμβάνονται από την ζώσα επιδερμίδα. Εδώ, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, η αντίσταση που προβάλλεται στην διείσδυση τους είναι ασήμαντη. Στην συνέχεια ακολουθεί η διάχυσή τους στο θηλώδες τμήμα του χορίου, όπου λόγω της μεγάλης διαβατότητάς του, τα μόρια της ουσίας φτάνουν στο αγγειακό δίκτυο. Το οριζόντιο αγγειακό πλέγμα του θηλώδους χορίου σχηματίζει το κατώτερο όριο του στρώματος, που πρέπει να διαβεί μια ουσία. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η αιματική ροή είναι επαρκής και η διαβατότητα στα τριχοειδή αρκετά υψηλή, ώστε και οι διαβαίνουσες ουσίες να εισάγονται ταχέως στην κυκλοφορία μόλις φτάσουν στο χόριο.

Τέλος παρουσιάζει ενδιαφέρον, στην μελέτη της διαβατότητας in-vitro, η παρατήρηση του Schafer, ότι οι λιποδιαλυτές ουσίες μπορεί να κρατούνται προσωρινά στο υπόδερμα.

7.2. Οδοί διέλευσης

Οι διαφορές ουσίες ανάλογα με το είδος τους, διεισδύουν στο δέρμα διαμέσου:

1. της μεσοκυττάριας ουσίας στην κεράτινη στιβάδα
2. των κερατινοκυττάρων
3. των εξαρτημάτων της επιδερμίδας

Η οδός διέλευσης μιας ουσίας, καθώς και οι μηχανισμοί διείσδυσης, εξαρτώνται εκτός από το μέγεθος του μορίου (Μοριακό Βάρος), από την κατάσταση της ουσίας (αέρια, υγρή, στερεή) και από τον λιπόφιλο, υδρόφιλο ή αμφίφιλο χαρακτήρα της.

Υδατοδιαλυτές ουσίες

Τα κερατινοκύτταρα και τα τοιχώματά τους αποτελούν την κύρια οδό διέλευσης των ουσιών αυτών. Οι υδατοδιαλυτές ουσίες διαβαίνουν την κεράτινη στιβάδα δια μέσου των ινιδίων της κερατίνης.

Λιποδιαλυτές ουσίες

Τα μεσοκυττάρια διαστήματα θεωρούνται σημαντικές οδοί διέλευσης των λιποδιαλυτών ουσιών. Αυτές διαβαίνουν την κεράτινη στιβάδα κυρίως δια μέσου της μεσοκυττάριας ουσίας η οποία ως γνωστόν είναι πλούσια σε λιποειδή.

Ηλεκτρολύτες - πολικά μόρια - μεγάλα μόρια

Οι ουσίες αυτές διαβαίνουν την κεράτινη στιβάδα διαμέσου των εξαρτημάτων του δέρματος παρακάμπτοντας έτσι την λειτουργία φραγμού.

7.3. Ρυθμιστικοί παράγοντες της διαδερμικής απορρόφησης

Αν εξαιρέσουμε τις καθαρά φυσικές αλληλεπιδράσεις (απλή διάχυση, οσμωτική πίεση και τις ηλεκτρικές ή πολικές αλληλεπιδράσεις με τα 3 φράγματα), ο πιο αποφασιστικός από τους πολλούς παράγοντες της διείσδυσης είναι η χημική δομή της ουσίας. Άλλα σημαντικά στοιχεία που επηρεάζουν την διαδερμική απορρόφηση είναι η κατάσταση του δέρματος (επίπεδο υδάτωσης, θερμοκρασία, αιμάτωση του δέρματος, ψυχική διάθεση), ο φορέας της ουσίας (σύσταση του καλλυντικού), αλλά και οι συνθήκες εφαρμογής του καλλυντικού. Όσον αφορά τον τελευταίο παράγοντα, αξίζει να σημειωθεί ότι η συχνότητα και ο τρόπος εφαρμογής του προϊόντος (μασάζ, peeling, ιοντοφόρηση) επιδρούν στην απορροφητικότητα της ουσίας στο δέρμα. Στην συνέχεια θα δούμε αναλυτικά τους παράγοντες αυτούς.

7.3.1. Κατάσταση δέρματος

Η ουσία μπορεί να διεισδύει καλύτερα ή χειρότερα στην ίδια δερματική περιοχή, ανάλογα με το επίπεδο της υδάτωσης και την θερμοκρασία της κεράτινης στιβάδας. Η κυκλοφορία του αίματος αλλά και η ψυχική διάθεση επηρεάζουν επίσης την διαδερμική απορρόφηση της ουσίας.

Επίπεδο υδάτωσης

Η ενυδάτωση της επιδερμίδας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της διαπερατότητάς της από όλες σχεδόν τις ουσίες. Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην διαβατότητα του δέρματος, τόσο σαν ένα κοινό έκδοχο, όσο και σαν ενδογενής παράγοντας ευπλαστότητας της κεράτινης στιβάδας. Ακόμη θεωρείται ότι από μόνο του είναι σε θέση να αυξάνει την διέλευση μιας ουσίας δια μέσου του δέρματος κατά 10 φορές. Κατακρατείται στα διαστήματα μεταξύ των ινιδίων της κερατίνης, διογκώνοντας έτσι την μέσο-ινιδιακή αυτή δομή. Κατά αυτό τον τρόπο σχηματίζει ένα συνεχή υδάτινο δρόμο που διευκολύνει την απορρόφηση των υδρόφιλων αλλά και των λιπόφιλων μορίων, αφού αυτά βρίσκουν μεγαλύτερα κενά ανάμεσα στα κύτταρα και διεισδύουν για καθαρά μηχανικούς λόγους. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επιδρούν άμεσα στην ενυδάτωση της κεράτινης στιβάδας και κατ' επέκταση, είναι σε θέση να επηρεάζουν την διαβατότητά της.

Θερμοκρασία

Η αύξηση της θερμοκρασίας του δέρματος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της διαδερμικής απορρόφησης, λόγω αύξησης της κυκλοφορίας του αίματος. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει αποδειχθεί ότι επιδρά στα φαινόμενα της διαβατότητας, δεδομένου ότι ο συντελεστής διάχυσης της κεράτινης στιβάδας (ο οποίος προσδιορίζει την διάχυση της ουσίας μέσα από την κερατίνη) εξαρτάται από την θερμοκρασία της. Οι αισθητικές μέθοδοι για αύξηση της θερμοκρασίας είναι οι κλειστές μάσκες, ζεστές κομπρέσες, τα ατμόλουτρα, οι υπέρυθρες ακτίνες.

Αιμάτωση του δέρματος

Συνήθως η αύξηση της ροής του αίματος στα δερματικά αγγεία προκαλεί αύξηση της διαδερμικής απορρόφησης, δεδομένου ότι αυξάνεται το εύρος ροής της ουσίας προς τα βαθύτερα στρώματα της επιδερμίδας.

Ψυχική διάθεση

Αναφέρεται ότι η νευρική και ψυχική μας κατάσταση ανακλάται άμεσα στο δέρμα. Έτσι η βιωματική επαφή με το καλλυντικό είναι σημαντική για την απορρόφηση των ουσιών που υπάρχουν σε αυτό, αφού επηρεάζει την δεκτικότητα του δέρματος. Τα βιώματα που συνδέονται με το καλλυντικό και προέρχονται κυρίως από το όνομα, την συσκευασία του προϊόντος, την εμπιστοσύνη ότι είναι ασφαλές και από άλλους παράγοντες είναι ουσιαστικά για την διείσδυση. Παρόμοιο ρόλο παίζει και το άρωμα. Έτσι, αν κάποιος δεν έχει καλή ψυχική και βιωματική επαφή με το καλλυντικό καλύτερα να το αποφεύγει.

7.3.2. Συνθήκες εφαρμογής του καλλυντικού

Ορισμένοι παράμετροι, όπως είναι η περιοχή και η συχνότητα εφαρμογής του προϊόντος στο δέρμα, επιδρούν στην διαδερμική απορρόφηση των δραστικών του ουσιών. Η μάλαξη, ο καθαρισμός του μανδύα, η μάσκα και η ιοντοφόρηση αυξάνουν την διαβατότητα του δέρματος. Επίσης, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι καθαρά ενεργειακοί τρόποι, όπως η αρωματοθεραπεία και η μουσικοθεραπεία, αυξάνουν κατά πολύ την διείσδυση.

Μάλαξη

Η μάλαξη με θωπείες και ανατρίψεις (σώμα) αυξάνει την θερμοκρασία της επιδερμίδας και την κυκλοφορία του αίματος. Όπως προαναφέρθηκε, και οι δυο αυτοί τρόποι επηρεάζουν σημαντικά την διαδερμική απορρόφηση.

Ιοντοφόρηση

Με τον όρο ιοντοφόρηση εννοούμε την εισαγωγή ιόντων διαφόρων φαρμακευτικών ουσιών διαμέσου του δέρματος στους ιστούς του ανθρώπινου οργανισμού, με την βοήθεια συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος. Για να αναγκάσουμε τα ιόντα ν' απορροφηθούν από το δέρμα τοποθετούμε δύο ηλεκτρόδια στο σώμα, ένα θετικά φορτισμένο και ένα αρνητικά. Τα ιόντα που θέλουμε ν' απορροφηθούν έστω ότι έχουν αρνητικό φορτίο. Τα τοποθετούμε στην κάθοδο (που είναι αρνητικά φορτισμένη) η οποία τα απωθεί και τα στέλνει με δύναμη προς την άνοδο. Χρησιμοποιώντας διάφορες δραστικές ουσίες σε ηλεκτρολυτικά τους διαλύματα και με την βοήθεια γαλβανικού ρεύματος μπορούμε να πετύχουμε μεταφορά των φορτισμένων ουσιών σε βαθύτερες στιβάδες της επιδερμίδας, ενώ παράλληλα εξουδετερώνεται και κατά ένα μέρος και η φόρτιση του φράγματος Rein. Η ποσότητα της ουσίας που μπορεί να εισαχθεί στους ιστούς είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος και του χρόνου εφαρμογής του, ενώ είναι αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης που παρουσιάζουν το δέρμα και οι ιστοί στην μεταφορά των ιόντων. Ωστόσο, η ιοντοφόρηση δεν πρέπει να διαρκεί πολύ, ούτε να έχει μεγάλη ένταση, επειδή διαταράσσει την διασπορά των φορτισμένων ουσιών σε όλο το ύψος της κεράτινης στιβάδας.

Στεγανή περίδεση

Κλειστή εφαρμογή του προϊόντος για λίγες ώρες έχει αποδείξει ότι προκαλεί εμφανή ενυδάτωση της κεράτινης στιβάδας. Με την απομάκρυνση δε αυτής, η ενυδατωμένη κερατίνη επανέρχεται στην κανονική της κατάσταση σε 30min. Άλλο ένα στοιχείο, που φαίνεται ότι επιδρά στην διαβατότητα του δέρματος κατά την κλειστή περίδεση, είναι η αύξηση της θερμοκρασίας στην περικλεισμένη περιοχή. Παρατηρήσεις στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο έδειξαν ότι το μεσοκυττάριο διάστημα

της βασικής στιβάδας αυξάνεται από την τρίτη ώρα της περιόδου, στοιχείο το οποίο αποδεδειγμένα επιδρά θετικά στην διαβατότητα της επιδερμίδας. Δεν υπάρχει καμιά βιβλιογραφική αναφορά στο εάν και κατά πόσο μεταβάλλεται η διαβατότητα μιας ουσίας δια μέσου των εξαρτημάτων, όταν αυτή υπόκειται σε κλειστή περίοδο.

Αφαίρεση του μανδύα

Ο καθαρισμός της επιδερμίδας από τον υδρολιπιδικό μανδύα αυξάνει την διαδερμική απορρόφηση τουλάχιστον κατά 2-3 φορές. Έχει αναφερθεί ότι η επίδραση στην επιφάνεια του δέρματος με οργανικούς διαλύτες (αλκοόλες και απορρυπαντικά) αυξάνει την διείσδυση των μορίων μέσω της μεσοκυττάριας ουσίας των κερατινοκυττάρων. Πτητικές ουσίες χαμηλού Μοριακού Βάρους όπως είναι ο αιθέρας, η μεθανόλη, η αιθανόλη και η ακετόνη οδηγούν σε περισσότερο πορώδη «φραγμό».

Κερατολυτικά

Σαν κερατολυτικά ή καλύτερα απολεπιστικά χαρακτηρίζονται οι ουσίες που διευκολύνουν την απολέπιση. Εκτός από το σαλκυλικό οξύ, έχουν χρησιμοποιηθεί τα οξέα γαλακτικό, πυρροβικό, κιτρικό, ρετινοϊκό, το υπεροξείδιο του βενζόλιου και η ουρία. Η τελευταία αυξάνει ακόμη περισσότερο την διαδερμική απορρόφηση αφού έχει αποδειχθεί ότι βελτιώνει την ενυδάτωση της κεράτινης στιβάδας.

Peeling

Τέλος, η απομάκρυνση των επιφανειακών κερατινοκυττάρων με μηχανικά peeling βλάπτει πολύ έντονα την λειτουργία του φραγμού και λειτουργεί ευεργετικά στην διείσδυση μιας ουσίας. Ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που υπάρχει πάχυνση της κεράτινης στιβάδας (π.χ. τους καλοκαιρινούς μήνες μετά από μακρά έκθεση στον ήλιο).

7.3.3. Φυσικοχημικές ιδιότητες της ουσίας

Η κατάσταση της ουσίας (αέρια, υγρή, στερεά), το Μοριακό της Βάρος, ο συντελεστής κατανομής ελαίου/ύδατος, και η πολικότητα της ουσίας αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες αναφορικά με την διείσδυση της, δια μέσου της επιδερμίδας.

Κατάσταση της ουσίας

Οι ουσίες που περιέχονται στις περισσότερες καλλυντικοτεχνικές μορφές βρίσκονται στην υγρή κατάσταση, με διαφορετική όμως διαβατότητα, ανάλογα με την δομή (λιπόφιλο, υδρόφιλο και αμφίφιλο χαρακτήρα τους) αλλά και άλλα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Το δέρμα είναι διαβατό στα διάφορα αέρια (έχει βρεθεί ότι η ανταλλαγή αερίων O₂ και CO₂ που συμβαίνει στο δέρμα αποτελεί το 0,3-1,5% αυτής των πνευμόνων). Οι πτητικές ουσίες (αιθέρια έλαια, κατώτερες αλκοόλες, πτητικοί αιθέρες κ.α.) αντιμετωπίζονται από την επιδερμίδα σαν αέρια και διεισδύουν εύκολα. Ακριβώς λόγω της γρήγορης διείσδυσης, ορισμένες πτητικές ουσίες, κυρίως ευκίνητα αιθέρια έλαια, έχουν χρήση σαν επιταχυντές άλλων ουσιών.

Οι στερεής μορφής ουσίες όταν είναι διαλυτές (π.χ. σαλκυλικό οξύ και άλλες κρυσταλλικές ουσίες) αντιμετωπίζονται από το δέρμα σαν υγρές ουσίες. Τα αδιάλυτα στερεά δεν διεισδύουν στο δέρμα απλώς προσροφώνται από αυτό και μένουν στην επιφάνεια.

Μοριακό Βάρος (M.B.)

Οι ουσίες με μεγάλο M.B. εμφανίζουν, κατά κύριο λόγο, μικρού βαθμού απορρόφηση. Γενικά το M.B. είναι καθοριστικό όταν έχουμε χημικά ομόλογες σειρές, οι οποίες διαφέρουν μόνο ως προς το μέγεθος του μορίου. Αν όμως κινούμαστε έξω από χημικές οικογένειες, τότε ο παράγοντας αυτός δεν ισχύει (ένα μεγάλο μόριο μπορεί να διεισδύσει πιο εύκολα από ένα μικρό, υπό την προϋπόθεση ότι η χημική του δομή ευνοεί κάτι τέτοιο).

Συντελεστής ελαίου/ύδατος

Οι αμφίφιλες ουσίες (π.χ. λεκιθίνη) διαπερνούν καλύτερα την κεράτινη στιβάδα. Ο αμφιφιλικός χαρακτήρας τους επιτρέπει την διέλευση τόσο μέσω των λιπιδίων, όσο και δια των υδατικών ζωνών αυτής.

Φυσική κατάσταση (ιονισμένο – μη ιονισμένο) – Πολικότητα

Τα ιόντα και τα πολύ πολικά μόρια δεν διεισδύουν πολύ εύκολα γιατί εμποδίζονται από την φορτισμένη μεμβράνη Rein.

Τέλος το **pH** του σκευάσματος διαδραματίζει ένα σχετικό ρόλο καθώς η οξύτητα επηρεάζει σε κάποιο βαθμό την απορρόφηση της ουσίας. Σαν παράδειγμα αναφέρονται τα κατώτερα α-υδρόξυ οξέα, τα οποία παρουσιάζουν ιοντική μορφή σε pH 5 ή 6 και διεισδύουν δύσκολα στο δέρμα, ενώ σε pH<3 έχουν μοριακή μορφή και καλύτερη διεισδυτικότητα.

7.3.4. Σύσταση του καλλυντικού

Ο φορέας της ουσίας, δηλαδή η σύσταση του καλλυντικού, επηρεάζει αισθητά την διείσδυση της δραστικής ουσίας μεταβάλλοντας τον ρυθμό απελευθέρωσης και την βιοδιαθεσιμότητα αυτής και/ή τροποποιώντας την δομή της κεράτινης στιβάδας. Σε αυτό το σημείο βρίσκεται η διαφορά ανάμεσα σε δύο νέα προϊόντα που έχουν την ίδια ποσότητα της ίδιας δραστικής ουσίας, αλλά με διαφορετική σύνθεση.

Η όλη σύνθεση του καλλυντικού πρέπει να διευκολύνει τη συγκεκριμένη δραστική ουσία να έρθει κατ' αρχήν σε επαφή με το δέρμα (δηλαδή πρέπει να έχει άμεση συνάφεια με τα συστατικά του μανδύα) αλλά και να διευκολύνει την διείσδυση αυτής στα βαθύτερα στρώματα της επιδερμίδας, κατά τρόπο μη ερεθιστικό και πολύ περισσότερο τοξικό για το δέρμα ή άλλα όργανα και ιστούς. Τέτοιες συνθέσεις βασίζονται σε ορισμένα λιπαρά συστατικά όπως βάσεις χοληστερόλης, βάσεις λανολίνης, πολυακόρεστα λάδια, μουρουνέλαιο κ.α. Η ικανότητα μιας ουσίας να απορροφάται από την κεράτινη στιβάδα είναι ουσιώδης για κάθε περαιτέρω διάβαση, χωρίς όμως αυτό να αποτελεί και εγγύηση ότι η ουσία αυτή θα απορροφηθεί ή ότι το απορροφούμενο ποσό θα είναι επαρκές. Δεδομένου ότι για το τελικό αποτέλεσμα της διαβατότητας, εκτός από την συγκέντρωση της ουσίας στο καλλυντικό ή το φάρμακο φορέα, σημαντικό ρόλο παίζει και η συγγένεια του εκδόχου προς την ουσία.

Έκδοχο

Εδώ και έναν αιώνα σχεδόν, έχει βρεθεί ότι το έκδοχο επηρεάζει την διαδερμική απορρόφηση. Ωστόσο οι μηχανισμοί που ευθύνονται για τις αλλαγές στην διαπερατότητα δεν είναι ακόμη απόλυτα κατανοητοί.

Γενικά αναφέρεται ότι η σύσταση του εκδόχου είναι σε θέση να επιδρά:

1. Στην απελευθέρωση της δραστικής ουσίας από το έκδοχο και ακολούθως στην πρόσληψή της από την κεράτινη στιβάδα. Η πρόσληψη αυτή, ή αλλιώς η

θερμοδυναμική ενεργότητα της ενσωματωμένης ουσίας, εξαρτώνται μεν από την κλίση συγκέντρωσης, αλλά κυρίως από τον συντελεστή δραστηριότητας αυτής μέσα στο έκδοχο (δηλαδή χαμηλή σχετικά διαλυτότητα της ουσίας στο φορέα της και μικρή συγγένεια αυτού προς την ουσία). Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο του Fick ο ρυθμός διάχυσης αυξάνει με την αύξηση της κλίσης διαποτισμού.

2. Στην αύξηση της διαβατότητας της κεράτινης. Η ιδιότητα αυτή οφείλεται είτε στην ενυδατική δράση του εκδόχου είτε στην χρησιμοποίηση ειδικών ουσιών που προκαλούν δομικές ή χημικές αλλαγές στο τριπλό επιφανειακό φράγμα.

Τα χαρακτηριστικά του φορέα επηρεάζουν την διαπερατότητα του δέρματος για μια ορισμένη δραστική ουσία.

Τα γαλακτώματα είναι πολύπλοκα συστήματα που περιέχουν νερό, επιφανειοδραστικές ουσίες και λιπαρά αμφίφιλα. Ανάλογα με την τιμή του HLB των επιφανειοδραστικών ουσιών και την φύση του μέσου διασποράς αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν w/o ή o/w. Και οι δύο τύποι γαλακτωμάτων, μετά την εξάτμιση του νερού δημιουργούν ένα συνεχές φρακτικό φιλμ λιπιδίων, χάρη στο οποίο παρουσιάζεται μείωση της διαδερμικής απώλειας νερού. Κατά συνέπεια παρατηρείται ενυδατική δράση, με αποτέλεσμα την αύξηση της διαδερμικής απορρόφησης των δραστικών ουσιών που περιλαμβάνονται σε αυτά. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα γαλακτώματα τύπου w/o παρουσιάζουν καλύτερη αποφρακτική ικανότητα από τα γαλακτώματα τύπου o/w, αλλά δεν είναι ευχάριστα στην χρήση τους. Επίσης, λόγω της πολύ λιπαρής υφής τους, μερικές φορές δημιουργούν μια δυσανεξία στο δέρμα μετά την εφαρμογή τους.

Όταν τα γαλακτώματα o/w και w/o διασκορπίζονται μέσα σε μια λιπαρή ή υδατική φάση αντίστοιχα, τότε προκύπτουν τα συστήματα o/w/o και w/o/w (πολυφασικά γαλακτώματα). Χάρη στην ιδιαίτερη δομή τους, μπορούν να συμπεριλάβουν σε κάθε μια από τις συστατικές τους φάσεις, τόσο υδατοδιαλυτές όσο και λιποδιαλυτές φραστικές ουσίες. Επιπλέον τα πολλαπλά γαλακτώματα συμπεριφέρονται σαν απλά μετά την εφαρμογή τους στο δέρμα και παρουσιάζουν τις ίδιες ιδιότητες με αυτά (ενυδάτωση - αυξημένη διαδερμική απορρόφηση).

Τα στοιχεία, που τους προσδίδουν καλύτερη αποτελεσματικότητα, προκύπτουν από την ιδιαίτερη διαδικασία γαλακτωματοποίησης που ακολουθείται κατά την παρασκευή τους. Οι γαλακτωματοποιητές που χρησιμοποιούνται στα w/o/w γαλακτώματα διασκορπίζονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργούν ένα στρώμα, το οποίο συνίσταται από δύο χημικά μόρια, στις ενδιάμεσες φάσεις. Έτσι σχηματίζονται πολυελασματικές μεμβράνες μέσα στις οποίες μπορούν να εγκλωβισθούν πολυάριθμα μόρια δραστικών ουσιών (στην εξωτερική, στην εσωτερική ή στην ενδιάμεση φάση), χωρίς να μετατραπεί η σταθερότητά τους. Γενικά τα συστήματα αυτά θεωρούνται εν δυνάμει μεταφορείς ενεργών συστατικών. Επιπλέον παρουσιάζουν δυνατότητα συγκρατημένης απελευθέρωσης των δραστικών μορίων. Έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη τοπική δράση και αποφυγή της απορρόφησης των ουσιών από την συστηματική κυκλοφορία.

Διαλύτες

Αυτοί επηρεάζουν σημαντικά την διέλευση των διαφόρων ουσιών από το δέρμα με διάφορους τρόπους. Η μεγάλη συγγένεια του διαλύτη με την ουσία έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση του συντελεστή κατανομής μεταξύ δέρματος και διαλύτη και κατά συνέπεια το εύρος διαχύσεως της ουσίας ελαττώνεται. Αντίθετα η μικρή συγγένεια αυξάνει το συντελεστή κατανομής και την διαπερατότητα. Επίσης, η απορρόφηση του διαλύτη είναι δυνατόν να προκαλέσει δομικές μεταβολές της

κεράτινης στιβάδας, οι οποίες πρέπει να είναι αντιστρεπτές, και ως εκ τούτου να μεταβάλλει προσωρινά τον χαρακτήρα του δέρματος και την συμπεριφορά του.

Επαυξημένες διαβατότητας

Τελευταία επιχειρείται ο συνδυασμός νέων φορέων εμπλουτισμού με ειδικούς παράγοντες, ανάμεσα τους πολλές λιποειδής ενώσεις, οι οποίοι είναι ικανοί να αυξήσουν τον βαθμό διαδερμικής απορρόφησης για κάποια ώρα, χωρίς να είναι ερεθιστικοί για το δέρμα ή για κάποια άλλα όργανα. Σαν παράδειγμα αναφέρεται η μη πτητική προπυλενική γλυκόλη, που έχει χρησιμοποιηθεί σε υδατική λοσιόν 10% της οποίας η συγκέντρωση πολλαπλασιάζεται σε 67% μετά την εξάτμιση της υδατικής φάσης. Έτσι ο παρέχων σχηματισμός στη δερματική επιφάνεια μπορεί να αυξήσει την διείσδυση των ουσιών στην κεράτινη στιβάδα και θα μπορούσε να θεωρηθεί σαν ένας νέος φορέας από άποψη βιοδιαθεσιμότητας.

Οι επιφανειοδραστικές ουσίες

Οι ουσίες αυτές χρησιμοποιούνται συχνά στα διαδερμικά συστήματα σαν γαλακτωματοποιητές. Επίσης, αναλόγως της ιοντικής τους συμπεριφοράς, προσλαμβάνουν λιγότερο ή περισσότερο την λειτουργία του φραγμού. Μια διεργασία που είναι μερικώς τουλάχιστον αντιστρέψιμη. Έτσι ενισχύουν την διαπερατότητα ορισμένων ουσιών, ενώ οι ίδιες δεν απορροφούνται πλήρως από το δέρμα. Η παρουσία των επιφανειοδραστικών ουσιών διευκολύνει επίσης την διείσδυση, πιθανόν επειδή γαλακτωματοποιεί την ενδιάμεση ουσία και καθιστά έτσι πιο εύκολη την διέλευση των δραστικών μορίων, που τώρα έχουν να αντιμετωπίσουν ένα πιο ομοιογενές μίγμα και όχι λιπιδικές και υδατικές ζώνες.

Ολεοσώματα

Αυτά από φυσικοχημικής άποψης αντιπροσωπεύουν μια πολυελασματική υγρή κρυσταλλική φάση που παγιδεύει περισσότερο από το 50% του νερού που περιέχεται στο γαλάκτωμα και δρα σαν ρεζερβουάρ δραστικών συστατικών ενώ συγχρόνως μειώνει τον ρυθμό απελευθέρωσής τους.

Οι γαλακτωματοποιητές με τα λιπαρά αμφίφιλα (ελαιώδης φάση), σε συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασίας (θερμοκρασία Kraft), διαμορφώνονται σε μια κατάσταση με χαρακτηριστικά στερεών και υγρών. Αυτές οι φάσεις μελετήθηκαν και σαν σύστημα προστασίας των δραστικών ουσιών, που είναι εγκλωβισμένες μέσα σε αυτές τις υγρές κρυσταλλικές φάσεις. Εμποδίζουν την θρόμβωση του γαλακτώματος όταν αυτό εφαρμόζεται στην επιδερμίδα με συνέπεια να εξασφαλίζεται μεγαλύτερη διάρκεια δράσης του προϊόντος.

Λιποσώματα

Αυτά είναι συνθετικά σφαιροειδή μικροσκοπικά κυστίδια μεγέθους από 20 έως 500nm. Τα τοιχώματα τους αποτελούνται από μια ή περισσότερες διπλοστιβάδες αμφιφιλικών μορίων και ανάλογα χαρακτηρίζονται σαν μονοελασματικά, ολιγοελασματικά και πολυελασματικά οχήματα.

Τα πρώτα λιποσώματα που εμφανίστηκαν στην κοσμετολογία και την φαρμακολογία ήταν φωσφολιπιδικής σύστασης. Λόγω του ότι η κεράτινη στιβάδα στερείται φωσφολιπιδίων αυτά αντικαταστάθηκαν από τα σφιγκολιπίδια, η σύνθεση των οποίων μοιάζει με την λιπιδική σύσταση της μεσοκυττάριας ουσίας στην περιοχή. Έτσι τα νέα λιποσώματα ονομάστηκαν σφιγγοσώματα ή δερματικών λιπιδίων λιποσώματα. Πολύ πρόσφατα οι ερευνητές χρησιμοποίησαν μη ιοντικές

επιφανειοδραστικές ουσίες (ethoxy-lated fatty alcohol και συνθετικούς γραμμικούς ή διακλαδιζόμενους αιθέρες πολυγλυκερόλης) για την παρασκευή μη ιοντικών λιποσωμάτων, τα ονομαζόμενα νιοσώματα.

Αρκετές εταιρίες καλλυντικών έχουν χρησιμοποιήσει κενά λιποσώματα (κυρίως σφιγγοσώματα και νιοσώματα) για τα δυνητικά οφέλη που εξασφαλίζουν στο δέρμα. Έχει βρεθεί υψηλή χημική συγγένεια των ελασματικών αυτών συστημάτων με τις βιολογικές μεμβράνες. Επίσης θεωρείται ότι διευκολύνουν τον εφοδιασμό της επιδερμίδας σε υγρασία και λιπίδια. Αλλά κυρίως τα λιποσώματα χρησιμοποιούνται σαν φορείς δραστικών ουσιών.

Η λογική βάση για την χρήση των λιπιδίων των κυστιδίων σαν φορείς έχει 4 πτυχές:

1. Μπορούν να χρησιμεύουν σαν διαλύτες για την διαλυτοποίηση όχι καλά διαλυτών ουσιών (μπορούν να μεταφέρουν τόσο λιποδιαλυτές όσο και υδατοδιαλυτές ουσίες). Επίσης παρέχουν προστασία σε ορισμένα ασταθή συστατικά. Έτσι έχουμε υψηλότερες συγκεντρώσεις δραστικής ουσίας τοπικά στη μέγιστη θερμοδυναμική ενεργότητα που μπορεί να εφαρμοστεί.

2. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν επαυξηντές διαβατότητας, λόγω της διείσδυσης επιφανειοδραστικών ουσιών μη ιοντικού αιθέρα είτε ιδιαίτερων φωσφολιπιδικών μορίων στα λιπίδια στρώματα της κεράτινης στιβάδας και της ζώσας επιδερμίδας αντίστοιχα. Ιδιαίτερα τα σφιγγοσώματα τα οποία είναι βιοσυμβατά με την κεράτινη στιβάδα μπορούν να απορροφηθούν πολύ ευκολότερα στα διακυτταρικά λιπίδια σώματα. Κατά τον Scheuplein ουσίες λιποδιαλυτής ικανότητας είναι πολύ δραστικές και απορροφούμενες από την κεράτινη στιβάδα αυξάνουν την ικανότητα διαχύσεως του ιστού και έναντι άλλων ουσιών. Σύμφωνα με την πατέντα του ερευνητή Muler η λιποσωματική εγκύστωση των ενεργών ουσιών αυξάνει την διαδερμική διείσδυσή τους στις διάφορες στιβάδες του δέρματος.

3. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μεμβράνη φραγμού για τον έλεγχο της συστηματικής απορρόφησης με σκοπό να αυξήσουν την τοπική και να ελαττώσουν την συστηματική επίδραση των δραστικών ουσιών.

4. Μπορούν να χρησιμεύσουν σαν τοπικό απόθεμα για την υφιστάμενη απελευθέρωση δερματικών δραστικών ενώσεων. Οι Scheuplein και Ross πιστεύουν ότι το φαινόμενο αυτό μπορεί να οφείλεται σε μια βραδεία διάβαση της ουσίας από την κεράτινη, με αποτέλεσμα η ουσία αυτή να βρίσκεται αρχικά κυρίως στα επιφανειακά στρώματα της επιδερμίδας.

Μετά από έρευνες έχει αποδειχθεί η υπεροχή των λιποσωματικών σχηματισμών, αναφορικά με την ικανότητα δημιουργίας μεγάλων αποθεμάτων δραστικής ουσίας στην κεράτινη και γενικά στην επιδερμίδα, από ότι μπορούν να εξασφαλίσουν κάποια άλλα έκδοχα (παραδοσιακά gel, διαλύματα, αλοιφές). Επίσης αξίζει να σημειωθεί η μικρή αναλογία κινδύνου για ανεπιθύμητες αντιδράσεις τοπικές ή συστηματικές χάρη στην ελεγχόμενη απελευθέρωση των δραστικών ουσιών.

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις του M.J. Ostro το λιπόσωμα φαίνεται ικανό να υπερνικήσει εκ πρώτης τον δερματικό φραγμό και στην συνέχεια κάτω από ειδικές συνθήκες βρέθηκε ότι μπορεί να διαχέει τα ενεργά συστατικά (των οποίων είναι φορέας) κατευθείαν στον κυτταρικό αυλό. Η αλληλεπίδραση μεταξύ λιποσώματος και κυτταρικής μεμβράνης μπορεί να συμβεί με διαφορετικούς τρόπους. Αντίθετα άλλοι πιστεύουν ότι τα λιποσώματα δεν διεισδύουν δια μέσω του δέρματος. Στην πραγματικότητα το σχήμα τους φαίνεται να χάνεται στα πρώτα στρώματα της κεράτινης. Έτσι, ενώ η χρήση λιποσωματικών συνθέσεων σαν συστήματα μεταφοράς δραστικών ουσιών αυξάνεται σταθερά, δεν έχει εξηγηθεί πλήρως ο μηχανισμός με

τον οποίο αυξάνεται η μεταφορά των ουσιών αυτών μέσα στο δέρμα. Οι περισσότερες μελέτες (in vitro & in vivo) που έχουν διεξαχθεί αναφέρονται περισσότερο στην ικανότητα διείσδυσης των συνθέσεων αυτών στην κεράτινη στιβάδα, από ότι στο σημείο εναπόθεσης της δραστικής ουσίας στις βαθύτερες στιβάδες του δέρματος. Συνεπώς η παρατήρηση και ο προσδιορισμός της φύσης των ελασματικών αυτών φορέων εντός του δερματικού ιστού, καθώς και οι εμπλεκόμενοι μηχανισμοί στη διαδερμική μεταφορά ουσιών χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

Η συγκέντρωση της ουσίας

Η ποσότητα μιας ουσίας ανά μονάδα επιφάνειας της επιδερμίδας, σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, αυξάνεται ευθέως ανάλογα με την συγκέντρωση της ουσίας στο καλλυντικό. Εκτός αυτού η πρόσληψη του φορέα από την επιφάνεια της κεράτινης εξαρτάται από τον χρόνο έκθεσης της δερματικής περιοχής στο παρασκεύασμα (πριν από την έκπλυσή της) και από την συχνότητα εφαρμογής του στο δέρμα.

Παραπομπές:

- 1) Το pH στη περιοχή της μεμβράνης έχει την πιο όξινη τιμή του (4,5 - 5,5) δηλαδή κοντά στο ισοηλεκτρικό σημείο της κερατίνης. Ενώ πάνω από την μεμβράνη Rein το pH αρχίζει να ανεβαίνει σταδιακά και φτάνει στην επιφάνεια της κερατίνης μεταξύ 5,5 - 6,5. Η μεγαλύτερη οξύτητα στην περιοχή της μεμβράνης σε σχέση με την επιφάνεια της κερατίνης, αλλάζει την φόρτιση των ελεύθερων αμινοξέων και των άλλων φορτισμένων ουσιών του NMF. Στο ισοηλεκτρικό σημείο, ιδιαίτερο για κάθε πρωτεΐνη, τα αμινοξέα έχουν την ελάχιστη διαλυτότητα στο νερό, επειδή τότε βρίσκονται στην ουδέτερη μορφή τους. Ακόμα η αθρόα παροχή λιπιδίων δίνει σε συνδυασμό με το ρυθμιστικό ρόλο της ηλεκτρικής φόρτισης και του pH, μεγάλη πυκνότητα στην ενδιάμεση ουσία.
- 2) Η χημική σύσταση της μεμβράνης Rein διαφέρει από εκείνη των βιομεμβρανών, αφού η πρώτη δεν έχει καθόλου λεκιθίνη. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει πως αν υπήρχε λεκιθίνη, η μεμβράνη θα συμπεριφερόταν σαν βιομεμβράνη, αφού και πάλι θα έλειπαν οι ζωντανές λειτουργίες. Έτσι η επιλεκτική διαπερατότητα σε ουσίες, εξαιρετικά σημαντική και για την διείσδυση των καλλυντικών, δεν οφείλεται σε ειδικευμένους μεταφορείς η σε όμοιους μηχανισμούς των βιομεμβρανών, αλλά καθαρά στην φυσικοχημική επίδραση της μεμβράνης με την ουσία.
- 3) Οι πολυελασματικές μεμβράνες δρουν σαν ένα ρεολογικό φράγμα γύρω από τα ελαιώδη σταγονίδια και εμποδίζουν την συσσωμάτωσή τους (θεωρείται ότι οι δυνάμεις Van Der Waals ανάμεσα σε 2 σταγονίδια ελαίου είναι εξαιρετικά μικρές).
- 4) Οι υγροί κρύσταλλοι εμποδίζουν την ταχεία απελευθέρωση της δραστικής ουσίας που είναι διαλυμένη στην ελαιώδη φάση του γαλακτώματος (1000 φορές πιο αργή απελευθέρωση σε σχέση με τα συμβατικά γαλακτώματα).
- 5) Το εύρος της διαχύσεως είναι ανάλογο προς την συγκέντρωση του μορίου που βγαίνει από την επιφάνεια προς τα βαθύτερα στρώματα της κεράτινης. Ο παράγοντας αυτός (συγκέντρωση της ουσίας στην κεράτινη = C_m) αποτελεί τη δύναμη ροής των μορίων, κατά το φαινόμενο της διάβασης, ώστε να κινηθεί η ουσία σε βαθύτερο επίπεδο. Η συγκέντρωση αυτή C_m είναι γενικά μικρότερη από τη συγκέντρωση της ουσίας στο έκδοχο C_u . Ισχύει: $C_m = K C_u$, όπου K ο συντελεστής κατανομής που προσδιορίζει την σχετική διαλυτότητα της ουσίας στην κεράτινη και στο έκδοχο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο ENZYMA

8.1. Εισαγωγή

Οι χημικές αντιδράσεις στον οργανισμό γίνονται σχεδόν αποκλειστικά μέσω της δράσης καταλυτών πρωτεϊνικής φύσεως, που ονομάζονται ένζυμα.

Όπως κάθε πολυπεπτίδιο, τα ένζυμα αποτελούνται από αμινοξέα που συνδέονται μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό. Ο πεπτιδικός δεσμός δημιουργείται από την αντίδραση της α-καρβοξυλικής ομάδας ενός αμινοξέος με την α-αμινοομάδα του επόμενου αμινοξέος. Στη δομή των πρωτεϊνών συμμετέχουν είκοσι διαφορετικά L-αμινοξέα με διαφορετικές πλάγιες ομάδες, που δείχνουν διαφορετικά χαρακτηριστικά. Μπορεί οι ομάδες αυτές να είναι βασικές ή όξινες, αλειφατικές, αρωματικές, θειούχες ή υδροξυλικές. Ο αριθμός των αμινοξέων σε μια πρωτεΐνη ποικίλλει από δεκάδες μέχρι πολλές χιλιάδες.

Το πρώτο ένζυμο που απομονώθηκε ήταν η ουρεάση, ακολούθησε η απομόνωση πολλών ενζύμων, μεταξύ των οποίων συγκαταλέγεται η ριβονουκλεάση, η θρυψίνη και η λυσοζύμη. Η πρόοδος της πρωτεϊνικής χημείας επέτρεψε τόσο τη διαπίστωση της πρωτοταγούς δομής πολλών ενζύμων, καθώς και της χωροδιάταξής τους.

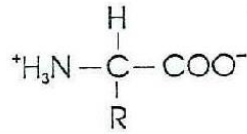
Πολλά ένζυμα για να δράσουν χρειάζονται την παρουσία μιας μη πρωτεϊνικής προσθετικής ομάδας, που στις περισσότερες περιπτώσεις ανήκει στην κατηγορία των βιταμινών, καθώς και ενός μετάλλου. Στην περίπτωση που η προσθετική ομάδα δεσμεύεται με τρόπο χαλαρό, ονομάζεται συνένζυμο, το δε πρωτεϊνικό τμήμα αποένζυμο (αποένζυμο + συνένζυμο = ολοένζυμο).

Η ουσία η οποία υφίσταται την καταλυτική επίδραση του ενζύμου ονομάζεται υπόστρωμα. Τα ένζυμα δείχνουν μια εξαιρετική εξειδίκευση δράσης, τόσο ως προς το υπόστρωμα (εξειδίκευση υποστρώματος), δηλαδή ποια ουσία θα υποστεί την καταλυτική επίδραση του ενζύμου, όσο και ως προς τον τύπο της αντίδρασης που θα υποστεί το υπόστρωμα (εξειδίκευση αντίδρασης π.χ. εάν υποστεί τρανσαμίνωση ή αποκαρβοξυλίωση). Η θέση στο ένζυμο όπου δεσμεύεται το υπόστρωμα, ώστε να υποστεί την ενζυμική κατάλυση, καλείται ενεργό κέντρο του ενζύμου. Το ενεργό αυτό κέντρο αποτελεί συνήθως ένα πολύ μικρό τμήμα του όλου ενζύμου και σχηματίζεται από αμινοξέα που μπορεί να απέχουν πολύ το ένα από το άλλο στη γραμμική πολυπεπτιδική αλυσίδα, αλλά λόγω της τρισδιάστατης δομής της ενζυμικής πρωτεΐνης να γειτνιάζουν. Τα αμινοξικά κατάλοιπα που είναι άμεσα αναμιγμένα στην κατάλυση και αποτελούν τις ενεργείς ομάδες είναι κατά κανόνα η ιμιδαζολική ομάδα της ιστιδίνης, οι καρβοξυλικές ομάδες, η αμινοομάδα της λυσίνης, η γουανιδινομάδα της οργινίνης, η σουλφυδρυλική ομάδα της κυστεΐνης και η υδροξυλική ομάδα της σερίνης.

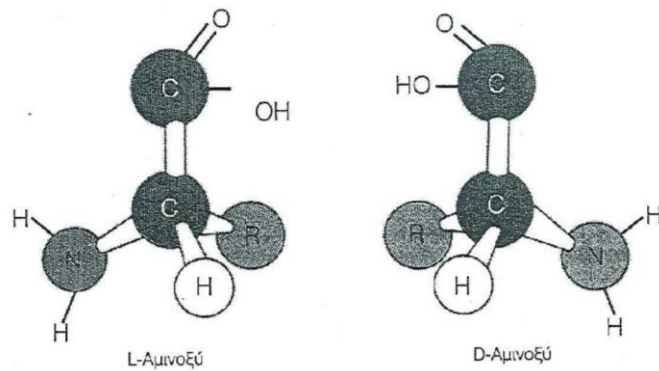
8.2. Αμινοξέα

8.2.1. Δομή και κατάταξη των πρωτεϊνικών ενζύμων

Τα αμινοξέα είναι οργανικά οξέα με μια τουλάχιστον αμινοομάδα. Η καρβοξυλική ομάδα και η αμινοομάδα είναι συνδεδεμένες στο ίδιο άτομο άνθρακα. Εξαιρέση αποτελεί η προλίνη που αντί για αμινοομάδα έχει ιμινοομάδα. Έτσι ο γενικός τύπος των αμινοξέων είναι ο εξής:



Στον τύπο αυτό είναι φανερό ότι υπάρχει ένα ασύμμετρο άτομο άνθρακα με αποτέλεσμα τα αμινοξέα να είναι οπτικώς ενεργά σώματα. Εξαιρέση αποτελεί η γλυκίνη όπου R είναι H. Ανάλογα εάν το οπτικώς ενεργό κέντρο των αμινοξέων συγγενεύει στερεοχημικά με το οπτικώς ενεργό κέντρο της L-γλυκεριναλδεΐδης ή της D-γλυκεριναλδεΐδης, τα αμινοξέα είναι της L- ή της D- διαμόρφωσης αντίστοιχα. Τα περισσότερα αμινοξέα που βρίσκονται στη φύση και όλα τα αμινοξέα που απαντώνται σε πρωτεΐνες, είναι της L-διαμόρφωσης. Το R- μπορεί να είναι μια μεγάλη ποικιλία ομάδων.



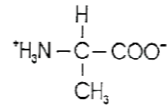
Τα δύο στερεοϊσομερή των αμινοξέων

Οι καρβοξυλομάδες και οι αμινομάδες των αμινοξέων στις πρωτεΐνες (με εξαίρεση τα δύο που βρίσκονται στα άκρα) εξουδετερώνονται δημιουργώντας μεταξύ τους αμιδικούς (πεπτιδικούς) δεσμούς. Ανάλογα με το αν τα αμινοξέα έχουν πολικές ή μη πολικές ομάδες R κατατάσσονται σε **υδρόφιλα** ή **υδρόφοβα**, αντίστοιχα. Ανάλογα με το αν ιονίζονται σε pH 6-7 τα πολικά κατατάσσονται σε **ουδέτερα**, σε **όξινα** ή σε **αλκαλικά**. Όσων πολικών αμινοξέων οι ομάδες R- δεν ιονίζονται σε pH 6-7 καθώς και όλα τα υδρόφοβα αμινοξέα, από οξεοβασικής σκοπιάς είναι ουδέτερα.

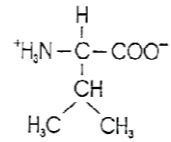
Στις πρωτεΐνες ενσωματώνονται τα εξής 20 αμινοξέα: (Δίπλα στο όνομα του αμινοξέος και σε παρένθεση, αναφέρονται τρία μικρά γράμματα, και ένα κεφαλαίο, που αποτελούν δύο διεθνείς παραδεκτούς τρόπους σύντμησης του αμινοξέος).

A. Αμινοξέα με μη πολικές υδρόφοβες ομάδες R

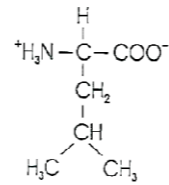
1. L-Αλανίνη (ala-A)



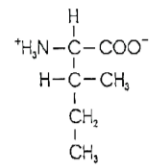
2. L-Βαλίνη (val-V)



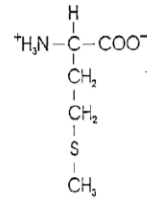
3. L-Λευκίνη (leu-L)



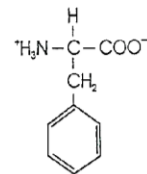
4. L-Ισολευκίνη (ile-I)



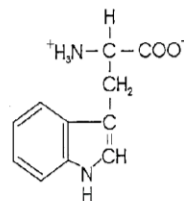
5. L-Μεθειονίνη (met-M)



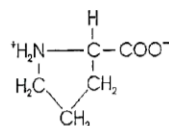
6. L-Φαινυλαλανίνη (phe-F)



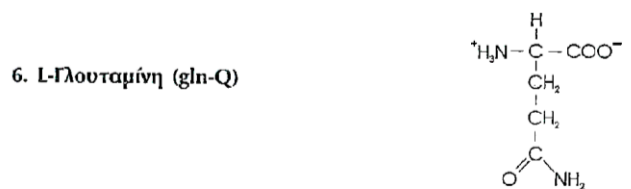
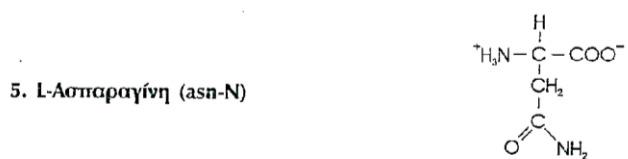
7. L-Τρυπτοφάνη (trp-W)



8. L-Προλίνη (pro-P)

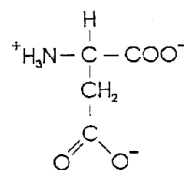


B. Αμινοξέα με μη φορτισμένες πολικές ή υδρόφιλες ομάδες R

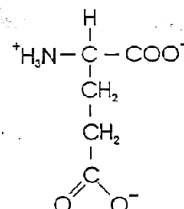


Γ. Αμινοξέα με αρνητικά φορτισμένη ομάδα R σε pH 6-7 (όξινα αμινοξέα)

1. L-Ασπαργινικό οξύ (asp-D)

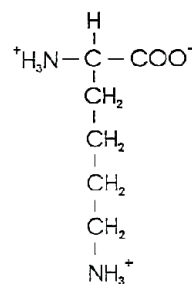


2. L-Γλουταμινικό οξύ (glu-E)

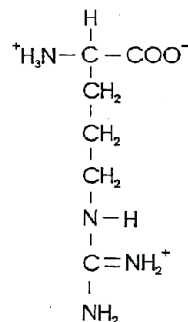


Δ. Αμινοξέα με θετικά φορτισμένη ομάδα R σε pH 6-7 (αλκαλικά αμινοξέα)

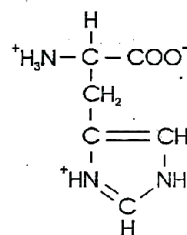
1. L-Λυσίνη (lys-K)



2. L-Αργινίνη (arg-R)



3. L-Ιστιδίνη (his-H)



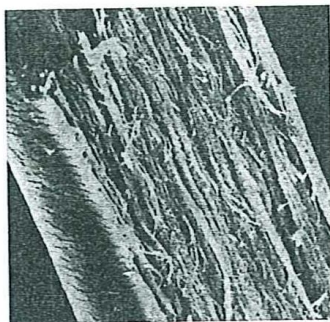
8.3. Πρωτεΐνες

8.3.1. Κατάταξη των πρωτεϊνών

Με βάση τα προϊόντα υδρόλυσης οι πρωτεΐνες διακρίνονται σε:

Απλές πρωτεΐνες

Τα αμινοξέα είναι οι δομικοί λίθοι της φύσης. Τα αμινοξέα ενώνονται μεταξύ τους, για να συνδέσουν μεγάλα μόρια που λέγονται πολυπεπίδια. Οι πρωτεΐνες είναι πολυπεπίδια: μεγάλες, τυλιγμένες αλυσίδες από αμινοξέα.



Ίνες τρίχας μετά από αφαίρεση μέρους του περιτρίχιου για έκθεση του φλοιού, σε μεγέθυνση 1470 X. Οι ίνες του φλοιού μπορούν να φανούν καθαρά. Παρατηρείτε τη διαφορά ως προς την κατασκευή του εσωτερικού των ινών και της επιφάνειας της τρίχας

Μια μέση πρωτεΐνη περιέχει περίπου 350 αμινοξέα. Πολλές πρωτεΐνες απλώνονται σαν φύλλα ή σχηματίζουν σφαιρικά σχήματα, ενώ άλλες τυλίγονται σαν ελατήρια. Το σχήμα των πρωτεϊνών σε σπείρες λέγεται έλικα.

Υπάρχουν δύο τύποι πρωτεϊνών: οι απλές και οι σύνθετες. Οι απλές πρωτεΐνες είναι συνήθως υδατοδιαλυτές. Αυτές οι πρωτεΐνες βρίσκονται στο γάλα και στα αυγά. Ο οργανισμός μας τις χωνεύει εύκολα.

Το πεπτικό μας σύστημα διασπά (αποικοδομεί) τις πρωτεΐνες σε ελεύθερα αμινοξέα. Αυτά τα αμινοξέα ελευθερώνονται μέσα στο κυκλοφορικό σύστημα του σώματος. Τα αμινοξέα μεταφέρονται στα τριχοειδή αγγεία μέσα στο δέρμα, για να συνθέσουν τα κύτταρα. Μερικά απ' αυτά αποτελούν μέρος του κορμού της τρίχας.

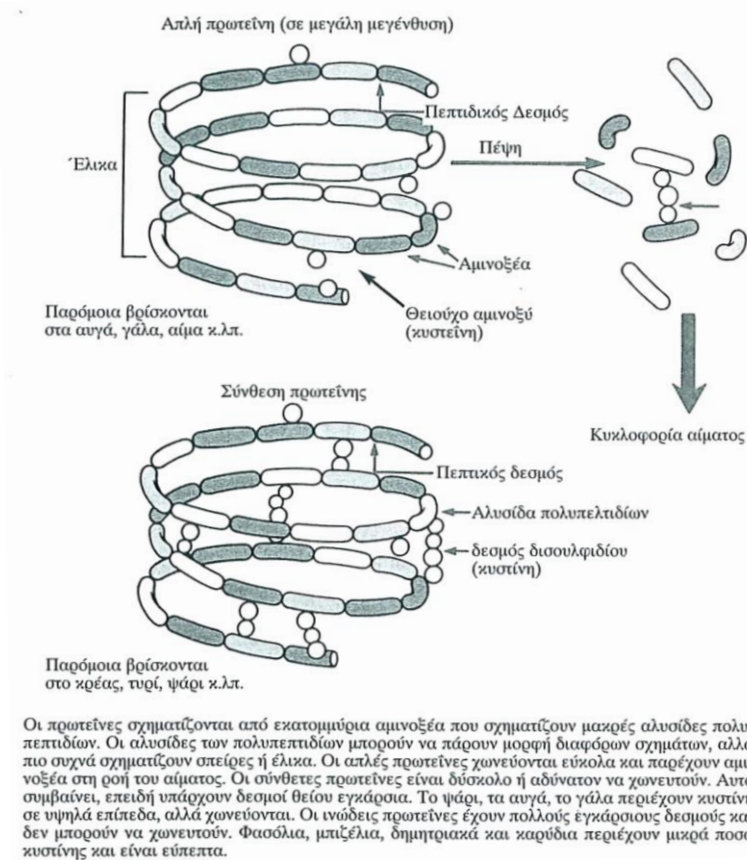
Υπάρχουν είκοσι διαφορετικοί τύποι αμινοξέων στο σώμα. Μόνο δώδεκα απ' αυτούς συντίθενται από τα κύτταρα. Τα άλλα οκτώ αμινοξέα λαμβάνονται από την τροφή, μέσα από τις απλές πρωτεΐνες.

Σύνθετες πρωτεΐνες

Οι σύνθετες πρωτεΐνες προκύπτουν, όταν μια σπειροειδής, απλή πρωτεΐνη ενωθεί εγκάρσια μ' άλλες ενώσεις. Αυτό μοιάζει με την τοποθέτηση γεφυρών μεταξύ των δακτυλιδιών ενός σπειρώματος. Με τον τρόπο αυτό το σπείρωμα γίνεται πιο στέρεο.

Στην περίπτωση των πρωτεϊνών, οι διασταυρώσεις σχηματίζονται από ένα αμινοξύ που λέγεται κυστίνη. Όταν δύο αμινοξέα κυστίνης βρεθούν το ένα απέναντι στο άλλο σε διαφορετικό δακτύλιο του σπειρώματος, σχηματίζεται μεταξύ τους ένας ισχυρός δεσμός. Επειδή η κυστίνη περιέχει θείο (θειάφι), οι εγκάρσιες διασταυρώσεις λέγονται συχνά δεσμοί θείου. Στην πράξη, αυτοί οι εγκάρσιοι δεσμοί σχηματίζονται

μεταξύ δύο ατόμων θείου. Το όνομα αυτού του δεσμού είναι δεσμός δισουλφιδίου. Αν φαγωθεί μια σύνθετη πρωτεΐνη, είναι συνήθως αδύνατον να χωνευτεί.



Η έλικα των πρωτεϊνών

Οι ινώδεις πρωτεΐνες αποτελούν καλά παραδείγματα σύνθετων πρωτεϊνών που δε χωνεύονται. Αυτές οι πρωτεΐνες περιέχουν έναν αμέτρητο αριθμό πολυπεπτιδίων (ενωμένων αμινοξέων) που τυλίγονται σε ίνες.

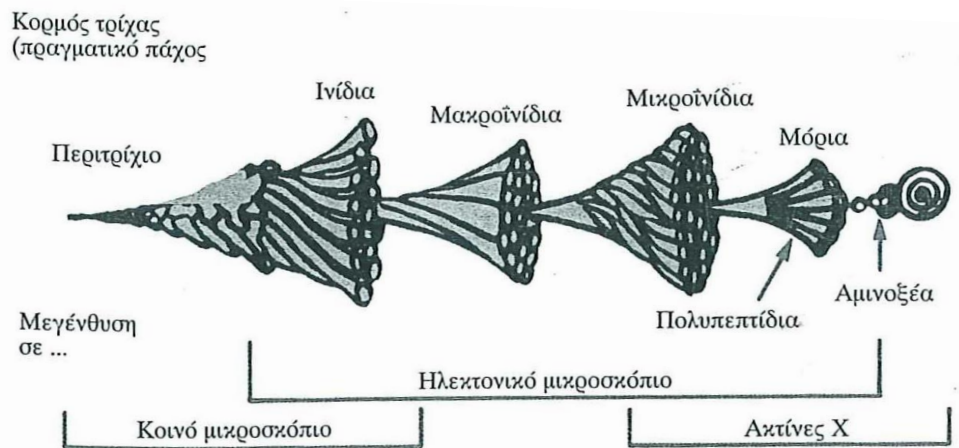
Οι ινώδεις πρωτεΐνες έχουν τεράστιο αριθμό δεσμών δισουλφιδίου. Τέτοια παραδείγματα είναι τα κέρατα των ζώων, οι οπλές των ζώων, το δέρμα, ο ιστός της αράχνης, οι βελόνες του σκαντζόχοιρου. Οι σύνθετες πρωτεΐνες είναι άπεπτες. Έτσι, το σώμα πρέπει να τις συνθέτει από απλά αμινοξέα πρωτεΐνης που χωνεύονται. Άτομα που έχουν κάποιο ιατρικό πρόβλημα και δεν μπορούν να χωνέψουν λευκώματα, ώστε να προμηθευτούν αμινοξέα, έχουν πολύ λεπτά και εύθραυστα μαλλιά.

Τα μαλλιά έχουν πολλούς δεσμούς δισουλφιδίου. Αυτοί οι δεσμοί δίνουν ασυνήθεις ιδιότητες στα μαλλιά. Σχεδόν όλη η κυστίνη των μαλλιών βρίσκεται στον φλοιό και στο περιτρίχιο. Πολύ λίγη βρίσκεται στον μυελό. Αυτό εξηγεί το γιατί αυτό το στρώμα είναι πολύ πιο μαλακό. Έχει πολύ λίγους δεσμούς δισουλφιδίου. Το πιο σκληρό περιτρίχιο περιέχει την περισσότερη κυστίνη.

Ο φλοιός της τρίχας σχηματίζεται από εκατομμύρια πολυπεπτιδικών αλυσίδων. Μερικές απ' αυτές τις αλυσίδες συνδέονται μεταξύ τους και δένουν με δεσμούς θείου λεπτές, αόρατες ίνες. Τουλάχιστον εννέα απ' αυτές τις ίνες τυλίγονται μεταξύ τους και δίνουν παχύτερες ίνες που λέγονται μικροϊνίδια. Δεκάδες

μικροϊνιδίων με τη σειρά τους τυλίγονται μαζί, για να δώσουν μακροϊνίδια. Τελικά, έξι μακροϊνίδια δίνουν τα ινίδια, τα κύτταρα του φλοιού.

Αυτή η πολύ οργανωμένη δομή μοιάζει με τα ισχυρά συρματόσχοινα που συγκρατούν γέφυρες. Οι αλυσίδες των πολυπεπτιδίων της κερατίνης είναι ενωμένες μεταξύ τους με φυσικές έλξεις ή με χημικούς δεσμούς. Εκατομμύρια αυτών των κερατινοποιημένων κυττάρων είναι με ασφάλεια ενωμένα μεταξύ τους στο φλοιό και καλύπτονται με το σκληρό περιτρίχιο. Έτσι, σχηματίζεται η τρίχα που έχει δομή ισχυρή με εκπληκτικά φυσικά χαρακτηριστικά και χημική αντίσταση!



Μεγέθυνση των ινιδίων

Με βάση τον βιολογικό τους ρόλο, οι πρωτεΐνες κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στις δομικές και στις λειτουργικές.

Οι **δομικές** πρωτεΐνες συμβάλλουν στη διαμόρφωση της υφής και στη διατήρηση της μορφολογικής σταθερότητας των ιστών ή ακόμα και των υποκυτταρικών στοιχείων. Τέτοιες πρωτεΐνες είναι το κολλαγόνο, η ελαστίνη και οι κερατίνες.

Οι κερατίνες είναι ινώδεις πρωτεΐνες με μεγάλο ποσοστό κυστεΐνης και με μικρή περιεκτικότητα σε μεθειονίνη, ιστιδίνη και τρυπτοφάνη. Στη φυσική τους κατάσταση οι κερατίνες είναι γνωστές σαν α-κερατίνες και η δευτεροταγής δομή τους είναι α-έλικας. Οι πεπτιδικές αλυσίδες της α-κερατίνης έχουν την τάση να δημιουργούν περιστραμμένα σπειράματα που συνενώνονται με άλλες αλυσίδες και δημιουργούν μορφώματα σαν πολύκλινα καλώδια. Παρόμοια δομή έχουν και άλλες ινώδεις πρωτεΐνες όπως η μυοσίνη των μυών, το ινωδογόνο του πλάσματος και η επιδερμίνη του δέρματος. Όταν ίνες κερατίνης μουσκέψουν σε νερό μπορούν να εκταθούν στο διπλάσιο μήκος τους. Η μορφή αυτή καλείται β-κερατίνη και έχει δομή β-πτυχωτού φύλλου. Παρόμοια δομή β-κερατίνης έχει και η φιβροΐνη του μεταξιού.

Οι **λειτουργικές** πρωτεΐνες έχουν ένα σημαντικό κοινό χαρακτηριστικό: μπορούν να αναγνωρίζουν και να δεσμεύουν εκλεκτικά ορισμένα μόρια που ονομάζονται προσδέτες (ligands). Η φύση των προσδετών ποικίλει από μεγάλου μοριακού βάρους ενώσεις έως ανόργανα ιόντα.

Οι λειτουργικές πρωτεΐνες κατατάσσονται σε καταλυτικές (**ένζυμα**), μεταφέρουσες, κινητικές, αμυντικές, ρυθμιστικές, αποθηκευτικές και μολυσματικές.

8.3.2. Δομή των πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες αποτελούνται από αμινοξέα. Όταν η αμινομάδα ενός αμινοξέος συνδεθεί με αμιδικό δεσμό με την καρβοξυλομάδα ενός άλλου αμινοξέος (η αμινομάδα και η καρβοξυλομάδα είναι εκείνες που συνδέονται με το α άτομο άνθρακα των αντίστοιχων αμινοξέων) προκύπτει ένα **πεπτιδίο** και συγκεκριμένα ένα διπεπτιδίο. Όταν με τον ίδιο τρόπο συνδεθεί ένα τρίτο αμινοξύ, προκύπτει ένα τριπεπτιδίο, ένα τέταρτο αμινοξύ δημιουργεί ένα τετραπεπτιδίο κ.ο.κ. Ως εκ τούτου οι πρωτεΐνες είναι **πολυπεπτίδια**. Το μοριακό τους βάρος κυμαίνεται από 5000 περίπου έως πολλές εκατοντάδες χιλιάδες. Το αμινοξύ του πεπτιδίου που βρίσκεται στο ένα άκρο και έχει ελεύθερη, δηλ. μη πεπτιδικά συνδεδεμένη την α-αμινομάδα του, καλείται αμινο ή N-τελικό αμινοξύ, το αμινοξύ που βρίσκεται στο άλλο άκρο του πεπτιδίου και έχει ελεύθερη την καρβοξυλομάδα του, ονομάζεται καρβοξυ ή C-τελικό αμινοξύ.

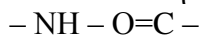
Ο δεσμός C-N έχει (κατά 40% περίπου) τις ιδιότητες διπλού δεσμού, ενώ ο δεσμός C=O έχει σε ίδιο περίπου βαθμό ιδιότητες απλού δεσμού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η αμινομάδα του πεπτιδικού δεσμού να μην έχει την τάση να ιονίζεται ή να πρωτονιώνεται και ο δεσμός C-N να μην έχει δυνατότητα ελεύθερης περιστροφής.

Η διαμόρφωση της δομής μιας πρωτεΐνης διακρίνεται σε:

Πρωτοταγής διαμόρφωση της δομής. Μια πρωτεΐνη μπορεί να αποτελείται από μια ή περισσότερες πεπτιδικές αλυσίδες. Η ριβονουκλεάση π.χ. απαρτίζεται από μια αλυσίδα, η ινσουλίνη από δύο, η αιμοσφαιρίνη από τέσσερις κ.ο.κ. Η σειρά των αμινοξέων σε μια αλυσίδα καθορίζει την πρωτοταγή διαμόρφωση της δομής της αλυσίδας. Ο δεσμός που σταθεροποιεί τη δομή αυτή είναι ο πεπτιδικός δεσμός.

Η πρωτοταγής δομή μιας πρωτεΐνης, δηλ. η αλληλουχία των αμινοξέων της, αποτελεί και την ταυτότητα της πρωτεΐνης. Πρωτεΐνες με ομοιότητες ως προς την πρωτοταγή τους δομή παρουσιάζουν και ομοιότητες ως προς την τρισδιάστατη αρχιτεκτονική τους, δηλ. την τριτοταγή τους διαμόρφωση αλλά, συνήθως και ομοιότητες ως προς τη λειτουργία τους αν και υπάρχουν εξαιρέσεις. Ο όρος **ομολογία** χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ομοιότητα των πρωτεϊνών ως προς την πρωτοταγή τους δομή.

Δευτεροταγής διαμόρφωση της δομής. Αυτή η διαμόρφωση αναφέρεται κυρίως στη διάταξη στο χώρο των ατόμων που απαρτίζουν τον πεπτιδικό δεσμό και σταθεροποιείται κυρίως από **δεσμούς υδρογόνου**. Ο δεσμός αυτός αναπτύσσεται μεταξύ ατόμων υδρογόνου και άλλων πιο ηλεκταρνητικών ατόμων όπως του αζώτου και του οξυγόνου. Είναι πολύ ασθενής δεσμός. Συγκρινόμενος με τους κοινούς ομοιοπολικούς δεσμούς, ο δεσμός υδρογόνου είναι 10-100 φορές πιο ασθενής. Ο πιο σημαντικός δεσμός υδρογόνου αναπτύσσεται στην περιοχή των πεπτιδικών δεσμών.



Επειδή υπάρχει μεγάλος αριθμός τέτοιων δεσμών στις πρωτεΐνες, οι δεσμοί υδρογόνου, αν και ασθενείς, αποτελούν στο σύνολό τους ένα σημαντικό στοιχείο σταθεροποίησης της διαμόρφωσης της δομής μιας πρωτεΐνης.

Οι πιο σημαντικές ιδιότητες της επαναλαμβανόμενης ομάδας δεσμών που συνιστούν μια πρωτεΐνη, δηλ. εκείνης που αρχίζει από το α άτομο άνθρακα, είναι οι εξής:

- 1) Τα 6 άτομα που απαρτίζουν αυτή τη μονάδα, δηλ. C-CO-NH-C βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.
- 2) Οι δεσμοί C=O και NH είναι τρανς ο ένας γύρω από τον άλλο.

- 3) Κάθε πεπτιδικός δεσμός μπορεί να περιστραφεί γύρω από τον άξονα C–C=O και ως εκ τούτου η αλυσίδα μπορεί να περιστραφεί και να δημιουργήσει μια έλικα.
- 4) Ο δεσμός N–C έχει μερικώς χαρακτήρα διπλού δεσμού με αποτέλεσμα να μη μπορεί να περιστραφεί ελεύθερα.

Δεσμοί υδρογόνου αναπτύσσονται και μεταξύ των ομάδων R που βρίσκονται στις πεπτιδικές αλυσίδες. Όσον αφορά όμως τη δευτερογενή διαμόρφωση, τέτοιοι δεσμοί μπορεί ν' αναπτυχθούν τόσο μεταξύ στοιχείων των πεπτιδικών δεσμών της ίδιας πεπτιδικής αλυσίδας, όσο και μεταξύ των ίδιων στοιχείων γειτονικών πεπτιδικών αλυσίδων.

Ανάλογα με τον τρόπο που αναπτύσσονται οι δεσμοί υδρογόνου, συναντούμε τις εξής βασικές δευτεροταγείς δομές στις πρωτεΐνες:

(1) **α-Έλικα**. Στις περισσότερες σφαιρικές πρωτεΐνες καθώς και στην α-κερατίνη επικρατεί η α-έλικα που πρότειναν οι Pauling και Corey. Σύμφωνα μ' αυτήν την άποψη, η πεπτιδική αλυσίδα παίρνει μια ελικοειδή διάταξη και σταθεροποιείται από δεσμούς υδρογόνου οι οποίοι είναι ενδομοριακοί, αναπτύσσονται δηλαδή μέσα στην ίδια πεπτιδική αλυσίδα και διατάσσονται παράλληλα προς τον επιμήκη άξονα. Όλες οι ομάδες C=O και N–H συμμετέχουν σε δεσμούς υδρογόνου. Η έλικα που προκύπτει περιλαμβάνει 3,7 αμινοξέα. Η α-έλικα μπορεί να είναι είτε αριστερόστροφη είτε δεξιόστροφη. Στην πράξη όλες σχεδόν οι γνωστές α-έλικες είναι δεξιόστροφες, επειδή τα L-αμινοξέα δεν επιτρέπουν τη δημιουργία αριστερόστροφων ελίκων. Το μήκος των α-ελίκων ποικίλλει και μπορεί να κυμαίνεται από 4 έως πάνω από 40 αμινοξέα.

(2) **β-Πτυχωτό φύλλο ή β-φύλλο**. Στη διαμόρφωση αυτή που απαντάται κυρίως στις ινώδεις πρωτεΐνες όπως στις β-κερατίνες και στη φιβροΐνη του μεταξιού, η πεπτιδική αλυσίδα αναδιπλώνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε η κάθε ομάδα 6 δεσμών να κάνει γωνία με το επίπεδο της γειτονικής ομάδας. Έτσι μόνο το α-άτομο άνθρακα βρίσκεται και στα δύο επίπεδα. Αντίθετα με την περίπτωση της α-έλικας που αναπτύσσονται μόνο **ενδομοριακοί** δεσμοί υδρογόνου, στη διαμόρφωση του β-πτυχωτού φύλλου αναπτύσσονται και **διαμοριακοί** δεσμοί υδρογόνου. Οι διαμοριακοί αυτοί δεσμοί αναπτύσσονται μεταξύ γειτονικών φύλλων στις ινώδεις πρωτεΐνες, ενώ πολλά από τα φύλλα μπορεί να κατανέμονται παράλληλα ή αντιπαράλληλα κατά μήκος ενός άξονα, έτσι ώστε να δημιουργούνται ίνες ή φύλλα. Οι ομάδες R των αμινοξέων προεξέχουν κάθετα, είτε προς τη μία ή προς την άλλη πλευρά αυτής της διαμόρφωσης.

Τριτοταγής διαμόρφωση της δομής. Η τριτοταγής δομή αναφέρεται στην αναδίπλωση της πολυπεπτιδικής αλυσίδας πάνω στον εαυτό της και στο τελικό σχήμα που θα πάρει στο χώρο. Ενώ τις πρώτες δύο διαμορφώσεις τις σταθεροποιούν δεσμοί που έχουν επίκεντρο τα στοιχεία που βρίσκονται μεταξύ των α ατόμων άνθρακα δύο γειτονικών αμινοξέων (αC–CO–NH–αC) και συγκεκριμένα ο πεπτιδικός δεσμός και ο δεσμός υδρογόνου μεταξύ των ομάδων C=O και NH, στην τριτοταγή διαμόρφωση των πρωτεϊνών ουσιώδη ρόλο παίζουν πλέον και οι ομάδες R των αμινοξέων. Μεταξύ των ομάδων αυτών μπορούν να αναπτυχθούν τόσο ομοιοπολικοί όσο και δευτερεύοντες δεσμοί. Οι ομοιοπολικοί είναι κυρίως δισουλφιδικοί δεσμοί, που λέγονται και «γέφυρες θείου» και αναπτύσσονται μεταξύ των σουλφυδρυλομάδων δύο κυστεϊνών. Οι δεσμοί αυτοί είναι πιο ισχυροί από τους πεπτιδικούς, μια και όταν υδρολύεται με οξύ μια πρωτεΐνη, οι πεπτιδικοί δεσμοί υδρολύονται ενώ οι δισουλφιδικοί παράμετροι παραμένουν άθικτοι. Αυτός είναι ο λόγος που στα

πρωτεϊνικά υδρολύματα δεν βρίσκεται κυστεΐνη αλλά το διαμινο-δικαρβονικό οξύ κυστίνη.

Δισουλφιδικοί δεσμοί αναπτύσσονται όχι μόνο μεταξύ κυστεϊνών της ίδιας πεπτιδικής αλυσίδας, αλλά και μεταξύ κυστεϊνών δύο ανεξάρτητων πεπτιδικών αλυσίδων. Επειδή το εσωτερικό περιβάλλον των κυττάρων είναι αναγωγικό, δισουλφιδικοί δεσμοί σπάνια αναπτύσσονται σε ενδοκυττάρια πρωτεΐνες. Βρίσκουμε τους δεσμούς αυτούς κυρίως σε εξωκυττάρια πρωτεΐνες, όπου συμβάλλουν στην σταθεροποίηση της δομής των πρωτεϊνών στο «αφιλόξενο» οξειδωτικό περιβάλλον.

Σε ορισμένες σπάνιες περιπτώσεις αναπτύσσονται και άλλου τύπου ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ των ομάδων R των πρωτεϊνών, εκτός από το δισουλφιδικό. Τέτοιου είδους είναι οι δεσμοί τύπου αλδιμίνης που απαντώνται στο κολλαγόνο και στην ελαστίνη αποκλειστικά, πεπτιδικοί δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ της γ-καρβοξυλομάδας του γλουταμινικού οξέος και της ε-αμινομάδας της λυσίνης, που τους βρίσκουμε στο ινώδες του πηγμένου αίματος, στην κερατίνη των τριχών και αλλού και θειεστερικοί δεσμοί που δημιουργούνται μεταξύ της γ-καρβοξυλομάδας του γλουταμινικού οξέος και της σουλφυδρυλομάδας της κυστεΐνης. Ακόμα πιο σπάνιος είναι ο αιθερικός δεσμός που αναπτύσσεται ανάμεσα από 2 τυροσίνες.

Οι δευτερεύοντες δεσμοί που σταθεροποιούν την τριτοταγή δομή είναι δύο ειδών: πολικοί και μη πολικοί. Πολικοί είναι οι ηλεκτροστατικοί και οι υδρογονικοί και μη πολικοί οι υδρόφοβοι δεσμοί. Οι **ηλεκτροστατικοί δεσμοί** μπορεί να οφείλονται είτε σε αλληλεπιδράσεις φορτισμένων ομάδων όπως της καρβοξυλομάδας του γλουταμινικού οξέος και της ε-αμινομάδας της λυσίνης είτε σε αλληλεπιδράσεις διπόλων με ιόντα καθώς και διπόλου-διπόλου.

Υπάρχει ολόκληρη ιεραρχία διπόλων στα μόρια των πρωτεϊνών που ξεκινάει από ομάδες μικρού μεγέθους μέχρι μακροδίπολα που οφείλονται σε παράλληλο προσανατολισμό των διπολικών ροπών των πεπτιδικών ομάδων στις α-έλικες. Τα μακροδίπολα αυτά έχουν μικρό θετικό φορτίο στο N-τελικό άκρο της αλυσίδας και μερικό αρνητικό φορτίο στο C-τελικό άκρο της αλυσίδας. Σε αντιπαράλληλα β-ελάσματα οι διπολικές ροπές των πεπτιδικών δεσμών είναι κάθετες προς την κατεύθυνση των αλυσίδων.

Οι διπολικές αλληλεπιδράσεις είναι πολύ σημαντικές για τη σταθεροποίηση της διαμόρφωσης των πρωτεϊνών.

Στους **δεσμούς υδρογόνου** συμμετέχει ένας σημαντικός αριθμός ομάδων όπως οι υδροξυλομάδες της τυροσίνης, σερίνης και θρεονίνης, ο ιμιδαζολικός δακτύλιος της ιστιδίνης, η β-καρβοξυλομάδα του ασπαραγινικού οξέος, η γ-καρβοξυλομάδα του γλουταμινικού οξέος και οι αμιδικές ομάδες της γλουταμίνης και της ασπαραγίνης.

Ο πιο σημαντικός όμως παράγοντας σταθεροποίησης των ανωτέρων διαμορφώσεων των πρωτεϊνών είναι οι **υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις** οι οποίες οφείλονται στην τάση που έχουν υδρόφοβα μόρια (π.χ. υδρογονανθράκων), όταν βρίσκονται σε υδατικά διαλύματα να πλησιάζουν το ένα το άλλο, λόγω της έλλειψης αγχιστείας προς το νερό. Παρόλο που αυτοί οι δεσμοί είναι πολύ ασθενείς, επειδή συγκεντρώνονται κυρίως στο εσωτερικό των σφαιρικών πρωτεϊνών, δηλ. μακριά από το υδατικό περιβάλλον, συμβάλλουν σημαντικά στη σταθεροποίηση της τριτοταγούς διαμόρφωσης των πρωτεϊνών. Αμινοξέα που συμμετέχουν σε υδρόφοβους δεσμούς είναι κυρίως η βαλίνη, η λευκίνη, η ισολευκίνη και η φαινυλαλανίνη.

Μεταλλικά ιόντα επίσης μπορούν και σταθεροποιούν τις αναδιπλώσεις των πρωτεϊνών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο ψευδάργυρος, ο οποίος

αλληλεπιδρώντας με 4 ιστιδίνες ή με 2 ιστιδίνες και 2 κυστεΐνες προκαλεί αναδιπλώσεις γνωστές ως δάκτυλα ψευδαργύρου.

Στην τριτοταγή διαμόρφωση των πρωτεϊνών, παρατηρούμε περιοχές της πεπτιδικής αλυσίδας, οι οποίες μπορούν να αναδιπλωθούν σε αυτόνομες τριτοταγείς διαμορφώσεις. Οι περιοχές αυτές αποτελούν τις **δομικές μονάδες** της τριτοταγούς διαμόρφωσης. Σε πολλές περιπτώσεις, αλλά όχι πάντα, οι δομικές αυτές μονάδες αποτελούν και λειτουργικές μονάδες της πρωτεΐνης. Οι πιο σημαντικές δομικές μονάδες τριτοταγούς διαμόρφωσης και εκείνες που απαντούνται πιο συχνά στις πρωτεΐνες, κατατάσσονται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

1. **Άλφα δομές.** Οι δομές αυτές αποτελούνται αποκλειστικά από α-έλικες που ενώνονται μεταξύ τους σε τυχαίες περιοχές.
2. **Άλφα-βήτα δομές.** Οι δομές αυτές αποτελούνται από α-έλικες που εναλλάσσονται με β-φύλλα, ενώ στο τελικό διαμόρφωμα τα β-φύλλα αποτελούν έναν πυρήνα που περιβάλλεται από α-έλικες.
3. **Αντιπαράλληλες β-δομές.** Οι δομές αυτές αποτελούνται αποκλειστικά από β-φύλλα που ενώνονται μεταξύ τους σε περιοχές τυχαίας διαμόρφωσης.

Υπάρχουν πρωτεΐνες όπου το σύνολο της πρωτεΐνης ή της υπομονάδας αποτελείται από ένα είδος δομικών μονάδων. Υπάρχουν όμως και πρωτεΐνες που αποτελούνται από περισσότερες του ενός είδους δομικές μονάδες.

Τεταρτογενής διαμόρφωση της δομής. Πολλές πρωτεΐνες, ένας σημαντικός αριθμός ενζύμων κ.ά. αποτελούνται από περισσότερες από μία πεπτιδικές αλυσίδες που μπορεί να είναι ίδιες ή διαφορετικές. Η διάταξη των αλυσίδων δεν είναι τυχαία αλλά σαφώς καθορισμένη και επαναλαμβάνεται πιστά από μόριο σε μόριο. Αυτές οι σχέσεις στο χώρο των διαφόρων πεπτιδικών αλυσίδων ενός πρωτεϊνικού μορίου αποτελούν την τεταρτοταγή διαμόρφωση της δομής του μορίου. Στη διαμόρφωση αυτή σπάνια συμμετέχουν ομοιοπολικοί αλλά κατά κανόνα δευτερεύοντες δεσμοί, δηλ. υδρόφοβοι, υδρογονικοί και ιονικοί.

Πεμπτοταγής διαμόρφωση της δομής. Ένας μικρός αριθμός διαφορετικών ενζύμων δημιουργούν σύμπλοκα που λέγονται **πολυενζυμικά συστήματα**, προκειμένου να εξυπηρετούν κάποιο βιοχημικό μηχανισμό που απαιτεί έναν αριθμό αντιδράσεων με σαφώς καθορισμένη σειρά. Το ίδιο καθορισμένη πρέπει να είναι και η διάταξη των ενζύμων στο χώρο. Αυτές οι σχέσεις στο χώρο μεταξύ πρωτεϊνών που έχουν διαφορετικές λειτουργικότητες, αποτελούν ένα υψηλότερο επίπεδο δομής που το αποκαλούμε πεμπτοταγή διαμόρφωση. Οι δεσμοί που τη σταθεροποιούν είναι δευτερεύοντες.

8.4. Ένζυμα

8.4.1. Κατάταξη των ενζύμων

Με βάση την αντίδραση που καταλύουν, τα ένζυμα κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

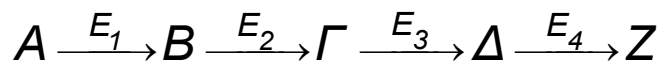
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ENZYMΩΝ

Ένζυμο	Καταλύομενη αντίδραση
Υδρολάσες	Γενική ονομασία για ένζυμα που καταλύουν μια αντίδραση υδρολυτικής διάσπασης
Νουκλεάσες	Αποδομούν νουκλεϊνικά οξέα υδρολύοντας τους δεσμούς ανάμεσα στα νουκλεοτίδια
Πρωτεάσες	Αποδομούν πρωτεΐνες υδρολύοντας τους δεσμούς μεταξύ των αμινοξέων
Συνθάσες	Γενική ονομασία για ένζυμα που συνθέτουν μόρια σε αναβολικές αντιδράσεις συμπυκνώνοντας δύο μικρότερα μόρια
Ισομεράσες	Καταλύουν την αναδιάταξη δεσμών μέσα στο ίδιο μόριο
Πολυμεράσες	Καταλύουν αντιδράσεις πολυμερισμού, όπως τη σύνθεση του DNA και του RNA
Κινάσες	Καταλύουν την προσθήκη φωσφορικών ομάδων σε μόρια. Μια σημαντική ομάδα κινασών είναι οι πρωτεϊνικές κινάσες, οι οποίες προσθέτουν φωσφορικές ομάδες σε πρωτεΐνες.
Φωσφατάσες	Καταλύουν την υδρολυτική αφαίρεση μια φωσφορικής ομάδας από ένα μόριο.
Οξειδοαναγωγάσες	Γενική ονομασία για ένζυμα που καταλύουν αντιδράσεις στις οποίες ένα μόριο οξειδώνεται, ενώ ένα άλλο ανάγεται. Τα ένζυμα αυτής της κατηγορίας συχνά αποκαλούνται οξειδάσες, αναγωγάσες και αφυδρογονάσες.
ΑΤΡάσες	Υδρολύουν το ATP. Πολλές πρωτεΐνες με ποικίλες δράσεις διαθέτουν εγγενή ενεργότητα ΑΤΡάσης. Χαρακτηριστικά, αναφέρουμε κινητήριες πρωτεΐνες, όπως η μυοσίνη, και μεμβρανικές πρωτεΐνες μεταφοράς, όπως η αντλία νατρίου-καλίου.

Τα ονόματα των ενζύμων έχουν συνήθως την κατάληξη -άση. Εξαιρέση αποτελούν ορισμένα ένζυμα όπως η πεψίνη, η θρυψίνη, η θρομβίνη, η λυσοζύμη και άλλα, τα οποία ανακαλύφθηκαν και ονομάστηκαν πριν από το τέλος του 19^{ου} αιώνα, οπότε έγινε γενικώς αποδεκτή η κατάληξη -άση. Το κοινό όνομα ενός ενζύμου συνήθως υποδηλώνει το υπόστρωμα και τη φύση της καταλυόμενης αντίδρασης. Για παράδειγμα, η συνθάση του κιτρικού καταλύει τη σύνθεση του κιτρικού, με προσθήκη ακετύλο-CoA στο οξαλοξικό.

8.4.2. Γενικές ιδιότητες των ενζύμων

- Μια πρώτη ιδιότητα είναι ότι μπορούν να μετατρέπουν διάφορες μορφές ενέργειας (για παράδειγμα το φως σε χημική ενέργεια).
- Ταυτόχρονα η καταλυτική τους δράση μπορεί να συνδυαστεί και να ρυθμιστεί. Για παράδειγμα μπορούμε να συναντήσουμε μια σειρά από καταλυόμενες αντιδράσεις που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός συγκεκριμένου προϊόντος.



όπου E_1 , E_2 , E_3 και E_4 ένζυμα. Η ρύθμιση επιτυγχάνεται απ' το γεγονός ότι το προϊόν Z είναι ειδικός αναστολέας του ενζύμου E_1 με αποτέλεσμα και να μην έχουμε σπατάλη ύλης και ενέργειας και να αποφεύγουμε τη συσσώρευση των ενδιάμεσων προϊόντων (B , Γ και Δ).

- Όσον αφορά τη σχέση τους με το υπόστρωμα, όλα τα ένζυμα έχουν το λεγόμενο «ενεργό κέντρο» που είναι σημεία σύνδεσης του υποστρώματος στο ένζυμο. Τα σημεία σύνδεσης (που είναι μια περιοχή πολλών αμινοξέων) μπορεί να είναι μακριά το ένα απ' το άλλο όσον αφορά την πρωτοταγή δομή, αλλά εξαιτίας της αναδίπλωσης του μορίου είναι γειτονικά στο χώρο.
- Επίσης βρίσκονται σε υδρόφοβες «σχισμές» ή «κοιλότητες» του μορίου, στις οποίες όμως μπορούν να υπάρχουν και πολικές ομάδες που συνεισφέρουν στη σύνδεση.
- Η σύνδεση ενζύμου – υποστρώματος γίνεται με ηλεκτροστατικές δυνάμεις, δυνάμεις Van der Waals και δεσμούς υδρογόνου.
- Η χαρακτηριστικότερη ιδιότητα όμως των ενζύμων είναι η εξειδίκευσή τους. Ο βαθμός όμως της εξειδίκευσής τους ποικίλει. Έτσι, έχουμε: **Απόλυτη εξειδίκευση** όταν επιφέρουν μια συγκεκριμένη χημική μεταβολή σε ένα μόνο υπόστρωμα. **Υψηλή εξειδίκευση** όταν επιφέρουν μια συγκεκριμένη χημική μεταβολή, αλλά σε ένα μικρό αριθμό συγγενών υποστρωμάτων και τέλος **χαμηλή εξειδίκευση** όταν αυτή η συγκεκριμένη χημική μεταβολή επιφέρεται σε ένα σχετικά μεγάλο αριθμό υποστρωμάτων. Στις δύο τελευταίες κατηγορίες εξειδίκευσης εντάσσονται ένζυμα που με τη σειρά τους μπορούμε να πούμε ότι έχουν **εξειδίκευση ομάδας** αφού δρουν μόνο σε υποστρώματα που έχουν μια κοινή λειτουργική ομάδα (π.χ. οι φωσφατάσες που το υπόστρωμα που απευθύνονται πρέπει να έχει μια φωσφορική λειτουργική ομάδα) ή **εξειδίκευση δεσμού** όταν είναι ειδικά για ένα τύπο δεσμού (π.χ. οι εστεράσες που καταλύουν την υδρόλυση των εστέρων). Σημαντική όμως είναι και η **στερεοεξειδίκευσή** τους. Στις περιπτώσεις δηλαδή που υπάρχουν περισσότερα του ενός ισομερή μιας ουσίας, παρατηρούμε ότι ένα μόνο απ' τα ισομερή μεταβάλλεται απ' το ένζυμο, αυτό για το οποίο επιτυγχάνεται η τέλεια σχεδόν προσαρμογή του υποστρώματος με το ενεργό κέντρο.

Γενικά η εξειδίκευση εξαρτάται απ' τη θέση των ατόμων στο ενεργό κέντρο του ενζύμου.

Για τη σύνδεση ενζύμου – υποστρώματος ο Fischer (1890) είχε προτείνει το μοντέλο κλειδί (= υπόστρωμα) – κλειδαριάς (= ένζυμο) με κλειδαρότρυπα το ενεργό κέντρο. Σήμερα βέβαια παρουσιάζονται νέες απόψεις που υποστηρίζουν ότι το

ένζυμο παίρνει το συμπληρωματικό σχήμα όταν πλησιάσει το υπόστρωμα (induced fit – προκλητή εφαρμογή), φτιάχνεται δηλαδή η μορφή του απ' το ίδιο το υπόστρωμα.

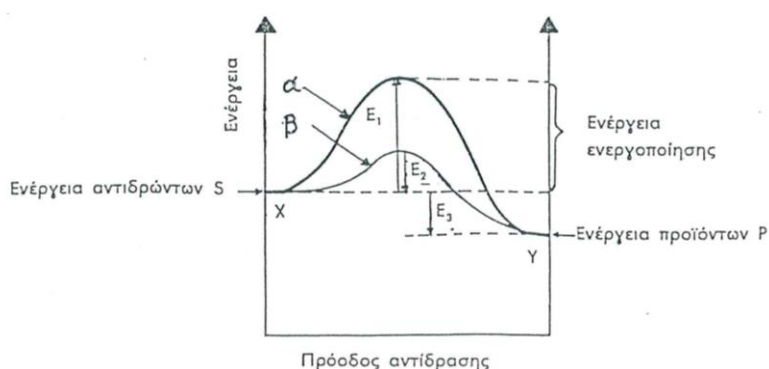
8.4.3. Πώς λειτουργούν τα ένζυμα

Έστω ότι έχουμε δύο ενώσεις: A και B που αντιδρούν για να δώσουν το προϊόν X ($A+B \rightarrow X$). Για να γίνει αυτό πρέπει τα αντιδρώντα (A και B) να υπερβούν ένα ενεργειακό φράγμα και να μεταπέσουν σε μια μεταβατική κατάσταση όπου δημιουργούν ένα ενεργοποιημένο σύμπλοκο $[AB]^\#$, από το οποίο στη συνέχεια προκύπτει το προϊόν. Χαρακτηριστικό του συμπλόκου αυτού είναι ότι έχει μεγαλύτερη ενέργεια απ' ότi τα A και B μαζί. Αυτή η διαφορά ενέργειας μεταξύ αντιδρώντων και συμπλόκου καλείται «Ενέργεια Ενεργοποίησης» E_a .

Η κατάσταση αυτή συγκρίνεται συνήθως μ' ένα βράχο που βρίσκεται σε μια λακκούβα στην κορυφή του βουνού. Για να κατακυλήσει απ' το βουνό πρέπει πρώτα να σπρωχθεί και να ανέβει στο χείλος της λακκούβας. Η ενέργεια που χρειάζεται ν' ανέβει ο βράχος στο χείλος της λακκούβας είναι η ενέργεια ενεργοποίησης.

Αυτό που κάνουν, λοιπόν, τα ένζυμα είναι να κατεβάζουν την ενέργεια ενεργοποίησης και αυτό γιατί τα αντιδρώντα μπαίνουν στο ενεργό κέντρο του ενζύμου και έτσι μπορούν να βρεθούν κοντά το ένα με το άλλο και να αντιδράσουν για να δώσουν το προϊόν X. Με τον τρόπο αυτό τα ένζυμα «βοηθούν» μια αντίδραση να φθάσει σε ισορροπία (= το σημείο όπου η ταχύτητα σχηματισμού των προϊόντων είναι ίση με τη ταχύτητα ανασχηματισμού των αντιδρώντων) μέσα σε ελάχιστο χρονικό διάστημα (ίσως και sec) ενώ χωρίς αυτά θα απαιτούνταν μέρες ή και εβδομάδες.

Πιο συγκεκριμένα, έστω ένζυμο E και υπόστρωμα S που δεσμεύεται στο ενεργό κέντρο του ενζύμου, σχηματίζοντας έτσι το σύμπλοκο ES. Στη διάρκεια της διαδικασίας το σύμπλοκο βρίσκεται στη μεταβατική κατάσταση $[ES]^\#$ και ακολούθως δίνει το σύμπλοκο EP (όπου P το προϊόν της αντίδρασης) που με τη σειρά του διασπάται σε E και P. Δηλαδή:



(α) Μη-καταλυτική και (β) καταλυτική αντίδραση

8.4.4. Συνένζυμα – Προσθετικές ομάδες

Υπάρχει ένας αρκετά σημαντικός αριθμός ενζύμων που για να εκτελέσουν την καταλυτική τους δράση απαιτούν την παρουσία ορισμένων, χαμηλού συγκριτικά μοριακού βάρους, οργανικών ενώσεων που καλούνται **συμπαράγοντες**. Αν ο συμπαράγοντας είναι χαλαρά συνδεδεμένος με το ένζυμο ονομάζεται **συνένζυμο**, αν πάλι είναι ισχυρά ενωμένος (με ομοιοπολικό δεσμό) λέγεται **προσθετική ομάδα**.

Το σύμπλοκο συνενζύμου ή προσθετικής ομάδας και ενζύμου (το ένζυμο στην περίπτωση αυτή καλείται **αποένζυμο**) ονομάζεται **ολοένζυμο**, και ισχύει η αντίδραση:



Πολλά συνένζυμα και προσθετικές ομάδες περιέχουν στο μόριό τους σαν κύρια ή μόνα συστατικά βιταμίνες, ενώ άλλοι σημαντικοί συμπαράγοντες είναι τα μέταλλα (Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} κ.ά.).

Τα συνένζυμα και οι προσθετικές ομάδες είναι κι αυτά υποστρώματα που αντιδρούν στοιχειομετρικά με τα κυρίως υποστρώματα. Το αποένζυμο παίζει το ρόλο του φορέα του συνενζύμου στο κατάλληλο υπόστρωμα.

8.4.5. Ρύθμιση της δράσης των ενζύμων

Οι πρωτεΐνες πρέπει να ρυθμίζονται ώστε να λειτουργούν όταν και όπου πρέπει.

Η ρύθμιση γίνεται με τέσσερις τρόπους:

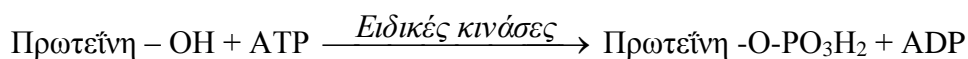
- *Αλλοστερικός έλεγχος* (για ένζυμα με πολλές υπομονάδες και πολλά ενεργά κέντρα). Λειτουργούν με πρόσδεση διάφορων ρυθμιστικών μορίων και κάθε λειτουργική θέση επηρεάζει μια άλλη.
- *Πολλαπλές μορφές ενζύμων (ισοένζυμα)*. Εκφράζονται σε ξεχωριστούς ιστούς ή οργανίδια ή στάδιο ανάπτυξης, καταλύοντας ωστόσο την ίδια αντίδραση. Τα ισοένζυμα διαφέρουν σε χημικές και φυσικές ιδιότητες και στην ευαισθησία απέναντι σε διαφορετικούς αναστολείς και ενεργοποιητές.

Δεν κατατάσσονται στα ισοένζυμα προϊόντα του ίδιου γονιδίου που η δομή τους έχει τροποποιηθεί αργότερα. Τα ισοένζυμα πρέπει να είναι προϊόντα διαφορετικών γονιδίων.

- *Αντιστρέψιμη ομοιοπολική τροποποίηση*. Η ομοιοπολική πρόσδεση μιας ομάδας μπορεί να τροποποιεί την καταλυτική δράση.

Φωσφορυλίωση πρωτεϊνών

Η φωσφορυλίωση είναι ένας αμφίδρομος μηχανισμός. Στην περίπτωση αυτή συμβαίνει μια αντίδραση της μορφής.



Το -OH της παραπάνω αντίδρασης ανήκει στις περισσότερες των περιπτώσεων στην ομάδα R της σερίνης, σπανιότερα της θρεονίνης και ακόμα πιο σπάνια της τυροσίνης. Δότης φωσφορικών ομάδων είναι το ATP δηλαδή η τριφωσφορική αδενοσίνη (ADP η διφωσφορική αδενοσίνη).

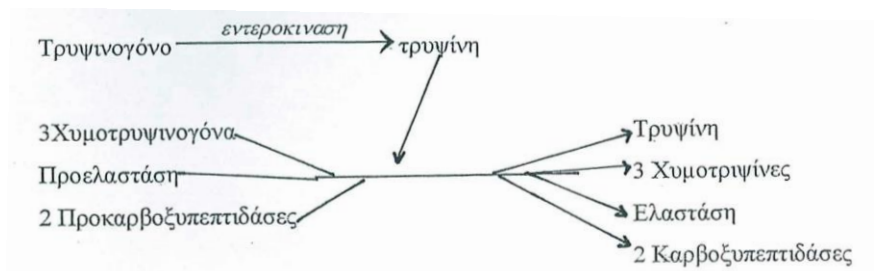
Άλλες περιπτώσεις αμφίδρομης τροποποίησης ενζύμων πλην της φωσφορυλίωσης, είναι οι εξής: ακετυλίωση, μεθυλίωση, αδενυλίωση, ουριδιλίωση και ανάπτυξη δισουλφιδικών δεσμών μεταξύ σουλφυδρυλομάδων.

- *Πρωτεολυτική ενεργοποίηση*. Εναλλαγή μεταξύ ενεργού και ανενεργού μορφής (προένζυμα).

Περιορισμένη πρωτεόλυση ζυμογόνων και άλλων προδρόμων πρωτεϊνών

Συχνά, ορισμένα ένζυμα, ορμόνες κλπ. παράγονται στον οργανισμό σε μορφή αδρανών ή πολύ λίγο ενεργών μορίων. Αυτές οι «πρόδρομες» ενώσεις για την περίπτωση των ενζύμων καλούνται «ζυμογόνα» ή «προένζυμα». Η ενεργοποίηση των ζυμογόνων επιτυγχάνεται με περιορισμένη υδρόλυση πεπτιδικών δεσμών, οπότε απομακρύνονται ένα ή ελάχιστα πεπτίδια και μένει το ενεργό ένζυμο.

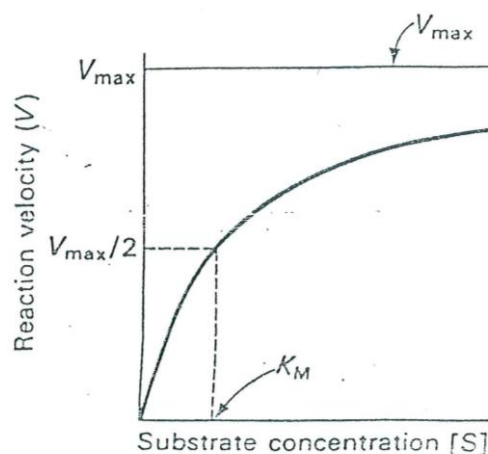
Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το ενεργοποιημένο παγκρεατικό υγρό που περιέχει 7 πρωτεολυτικά ένζυμα, την θρυψίνη, τρεις χυμοθρυψίνες (Α, Β και C), την ελαστάση και δύο καρβοξυπεπτιδάσες (Α και Β). Το πάγκρεας όμως συνθέτει τα αντίστοιχα ζυμογόνα: το θρυψινογόνο, τα χυμοθρυψινογόνα, την προελαστάση, και τις προκαρβοξυπεπτιδάσες. Η ενεργοποίηση των υπαρχόντων ζυμογόνων γίνεται ως εξής: Το πρωτεολυτικό ένζυμο εντεροκινάση διασπά ένα εξαπεπτίδιο απ' την άκρη του θρυψινογόνου και έτσι παίρνουμε την θρυψίνη. Ακολούθως η ίδια η θρυψίνη καταλύει τη μετατροπή όλων των υπολοίπων ζυμογόνων και του θρυψινογόνου στα αντίστοιχα ενεργά τους ένζυμα, διασπώντας ένα συγκεκριμένο ολιγοπεπτίδιο από το κάθε ζυμογόνο. Πιο σχηματικά:



8.4.6. Κινητική ενζυμικών αντιδράσεων

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα μιας ενζυμικής αντίδρασης είναι:

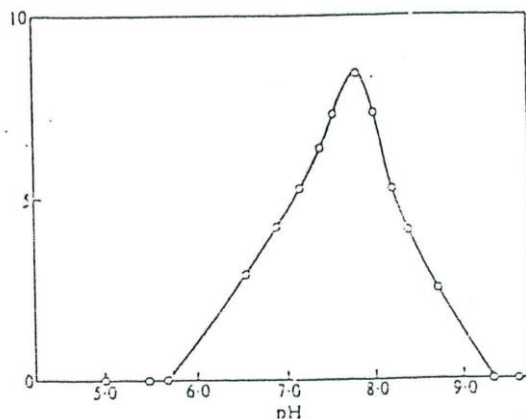
1. Η συγκέντρωση του υποστρώματος



Επίδραση της συγκέντρωσης του υποστρώματος στην ταχύτητα της ενζυμικής αντίδρασης

Σε χαμηλές συγκεντρώσεις υποστρώματος η ταχύτητα εξαρτάται από τη συγκέντρωση του υποστρώματος, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι ανεξάρτητη από τον παράγοντα αυτό, αφού από ένα σημείο και μετά, όσο και αν αυξηθεί η συγκέντρωση του υποστρώματος, η ταχύτητα δεν μεταβάλλεται ουσιαστικά. Η συμπεριφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μια συγκέντρωση υποστρώματος που προκαλεί **κορεσμό** του ενζύμου.

2. Το pH

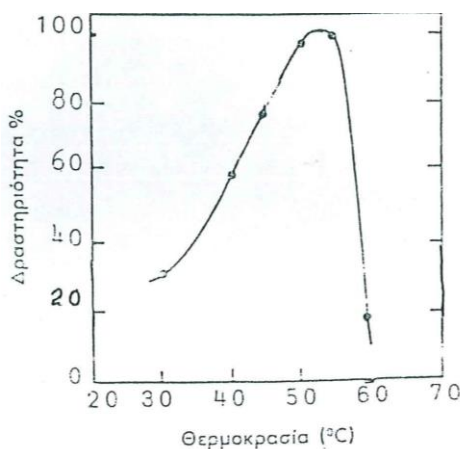


Επίδραση του pH στην ταχύτητα της ενζυμικής αντίδρασης

Η διαμόρφωση της ενζυμικής πρωτεΐνης στο χώρο (τριτοταγής δομή του ενζύμου) εξαρτάται μεταξύ άλλων, από ιοντικούς δεσμούς και δεσμούς υδρογόνου.

Είναι επόμενο ότι μεταβολές στο pH του μέσου στο οποίο βρίσκονται τα ένζυμα θα έχει επίπτωση, μέσω επηρεασμού των δεσμών που προαναφέρθηκαν στη διαμόρφωση των ενζύμων και στο σχηματισμό του ενεργού κέντρου τους. επιπλέον και πολύ σημαντικό είναι ότι οι πλάγιες ομάδες των αμινοξέων που αποτελούν μέρος του ενεργού κέντρου θα βρίσκονται σε διαφορετικό βαθμό ιονισμού αναλόγως με το pH του περιβάλλοντος μέσου. Η τιμή pH στην οποία η ταχύτητα της αντίδρασης είναι μέγιστη αποτελεί χαρακτηριστικό του κάθε ενζύμου (άριστο pH) και κυμαίνεται συνήθως μεταξύ pH 5-9.

3. Η θερμοκρασία



Επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα της ενζυμικής αντίδρασης

Η ταχύτητα μιας ενζυμικής αντίδρασης εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η επίδραση της θερμοκρασίας μέχρι μιας οριακής τιμής είναι θετική, πάνω από την τιμή αυτή οδηγεί σε αντίστροφη επίδραση. Η θετική επίδραση οφείλεται στην αύξηση της αλληλεπίδρασης του ενζύμου με το υπόστρωμά του, καθώς και στην αύξηση της διάσπασης του σχηματισθέντος προϊόντος από το ένζυμο, η δε αρνητική επίδραση στη μετουσίωση του ενζύμου, που, ως γνωστό, προκαλείται από την υψηλή θερμοκρασία. Συνήθως η άριστη θερμοκρασία για μια ενζυμική αντίδραση βρίσκεται μεταξύ 30°-40°. Έχει επικρατήσει να μετρούνται οι ενζυμικές αντιδράσεις στη θερμοκρασία των 37°.

4. Η συγκέντρωση του ενζύμου

Για καθαρά ενζυμικά παρασκευάσματα η ταχύτητα της ενζυμικής αντίδρασης είναι ευθέως ανάλογη της συγκέντρωσης του ενζύμου. Οι ελάχιστες περιπτώσεις που φαινομενικά δεν ακολουθούν αυτόν τον κανόνα, οφείλονται σε άλλους παράγοντες ξένους προς το ένζυμο, όπως ελάττωση υποστρώματος, αύξηση αναστολέα κλπ.

8.4.7. Αναστολείς ενζυμικών αντιδράσεων

Τα ένζυμα μπορούν να ανασταλούν από μια ποικιλία χημικών ουσιών. Η αναστολή μπορεί να είναι **αντιστρεπτή**, όταν ο αναστολέας με ευκολία απομακρύνεται από το ένζυμο, ή **μη αντιστρεπτή** όταν ο αναστολέας δεσμεύεται ομοιοπολικά στο ένζυμο ή τόσο στερεά, ώστε μόνο με μεγάλη δυσκολία να μπορεί να απομακρυνθεί από αυτό. Η αντιστρεπτή αναστολή μπορεί να είναι **συναγωνιστική**, όταν ο αναστολέας λόγω δομικής ομοιότητας με το υπόστρωμα δεσμεύεται στο ενεργό κέντρο, παρεμποδίζοντας έτσι τη δέσμευση του υποστρώματος. Στην περίπτωση αυτή, η ταχύτητα της καταλυτικής αντίδρασης ελαττώνεται λόγω ελάττωσης των μορίων του ενζύμου που είναι δεσμευμένα με το υπόστρωμα. Η αντιστρεπτή αναστολή καλείται **μη συναγωνιστική**, όταν ο αναστολέας δεσμεύεται στο ένζυμο σε θέση διαφορετική από το ενεργό κέντρο, έτσι ώστε η μεν δέσμευση του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο να είναι δυνατή, όμως λόγω αλλαγής στην τρισδιάστατη δομή του ενζύμου η ταχύτητα της αντίδρασης να είναι ελαττωμένη. Στη συναγωνιστική αναστολή η K_m αυξάνεται χωρίς να αλλοιώνεται η V_{max} , ενώ στη μη συναγωνιστική αναστολή η K_m δεν μεταβάλλεται αλλά ελαττώνεται η V_{max} .

8.4.8. Ενεργοποιητές ενζυμικών αντιδράσεων

Στο αντίθετο άκρο απ' τους αναστολείς συναντούμε άλλες ουσίες που ενεργοποιούν τη δράση των ενζύμων φτάνοντας σε σημείο, σε ορισμένες περιπτώσεις, χωρίς αυτές η αντίδραση να μην μπορεί καν να προχωρήσει. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται **ενεργοποιητές** και διακρίνουμε δύο κατηγορίες αυτών. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν εκείνοι που μετατρέπουν ή συντηρούν τη διαμόρφωση του ενζύμου στην ενεργή μορφή χωρίς να παίρνουν μέρος στην καταλυτική ενέργεια.

Στη δεύτερη ανήκουν εκείνοι που ενώνονται αντιστρεπτά με συστατικά του ενζυμικού συστήματος συμβάλλοντας στη δημιουργία του συμπλόκου ενζύμου – υποστρώματος (π.χ. Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Na^{2+} κ.ά.).

8.4.9. Αλλοστερικοί τροποποιητές

Αλλοστερικοί τροποποιητές ενζύμων είναι οι ουσίες που είτε διεγείρουν, είτε αναστέλλουν μια ενζυμική αντίδραση αλληλεπιδρώντας με μια περιοχή του ενζύμου, που δεν είναι μεν το ενεργό κέντρο, όμως επηρεάζει τη διαμόρφωση του ενεργού

κέντρου κατά τρόπο που είτε αυξάνει (ενεργοποιητής) είτε ελαττώνει (αναστολέας) την ενζυμική δραστηριότητα. Τα αλλοστερικά ένζυμα αποτελούνται κατά το πλείστον από περισσότερα της μιας υπομονάδας είτε ομοίων είτε διαφορετικών.

Όταν η δέσμευση σε μια υπομονάδα ενός τροποποιητού ή του υποστρώματος επενεργεί θετικά στη δέσμευση του υποστρώματος στις άλλες υπομονάδες, μιλάμε για θετική συνεργειακή δέσμευση ή θετική συνεργεία, ενώ αν η επίδραση είναι αρνητική, για αρνητική συνεργειακή δέσμευση ή αρνητική συνεργεία. Η καμπύλη της ενζυμικής αντίδρασης σε περίπτωση αλλοστερικού ενζύμου με θετική συνεργεία, είναι σιγμοειδής, σε αντίθεση με την ορθογώνια υπερβολή των μη αλλοστερικών ενζύμων· αυτό οφείλεται στο ότι η επίδραση του αλλοστερικού τροποποιητή είναι θετική με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα της αντίδρασης.

8.4.10. Αρχές κατάλυσης

Η διαδικασία ξεκινά με την πρόσδεση του υποστρώματος στο ένζυμο. Τότε απελευθερώνεται η ενέργεια πρόσδεσης (απεικονίζει το σύνολο των διαμοριακών αλληλεπιδράσεων).

Η ενέργεια πρόσδεσης εξυπηρετεί την αυξημένη εξειδίκευση (αφού προαπαιτεί σύναψη πολλών δεσμών).

Προάγει επίσης δομικές αλλαγές που διευκολύνουν την κατάλυση και αναφέρονται ως επαγόμενη προσαρμογή.

8.4.11. Στρατηγικές κατάλυσης

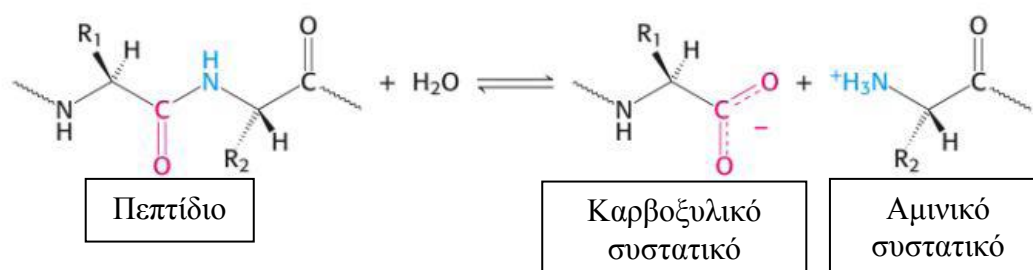
- Ομοιοπολική: Το ενεργό κέντρο έχει μια πολική ομάδα (συνήθως πυρηνόφιλο) που στην πορεία τροποποιείται ομοιοπολικά (χυμοθρυψίνη).
- Οξεοβασική: Κάποιο μόριο (όχι το νερό) παίζει το ρόλο δότη ή δέκτη πρωτονίων
- Ιόντος μετάλλου: Διάφορα μεταλλικά ιόντα λειτουργούν στην κατάλυση με διάφορους τρόπους (π.χ. σταθεροποιούν ενδιάμεσα).
- Με προσέγγιση: Όταν έχουμε δύο υποστρώματα που προσεγγίζουν στο ενεργό κέντρο και διευκολύνεται η αντίδραση.

8.4.12. Πρωτεόλυση

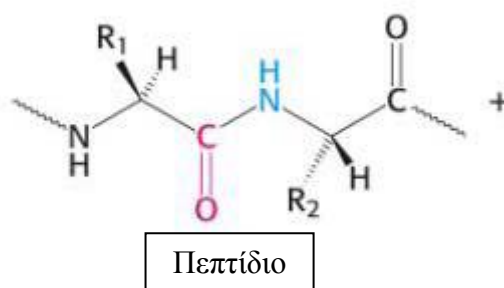
Οι διάφορες μετατροπές των πρωτεϊνών είναι ζωτικής σημασίας.

Οι πρωτεΐνες πρέπει να διασπασθούν ώστε να πάρουμε τα αμινοξέα για νέα σύνθεση αλλά και για να μπορέσουν να απορροφηθούν από το πεπτικό σύστημα.

Οι πρωτεάσες διασπούν πρωτεΐνες με υδρόλυση, δηλαδή προσθήκη μορίου νερού στον πεπτιδικό δεσμό.



Η πρωτεόλυση είναι μια αργή υδρολυτική διαδικασία (θα μπορούσε να γίνει σε 10 έως 1000 χρόνια). Αυτό οφείλεται στο ότι ο πεπτιδικός δεσμός είναι μερικώς διπλός (δομή συντονισμού).



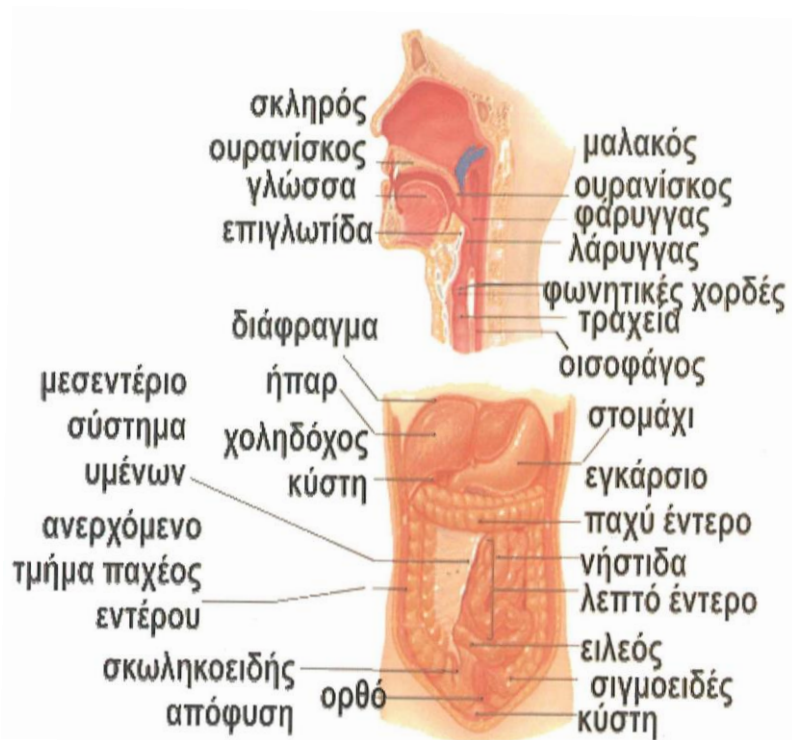
Ο δεσμός άνθρακα-αζώτου ισχυροποιείται από δύο στοιχεία:

1. Το χαρακτήρα διπλού δεσμού
2. Το γεγονός ότι το άτομο άνθρακα της καρβονυλικής ομάδας είναι λιγότερο επιδεκτικό σε πυρηνοφιλική προσβολή συγκριτικά με άλλα καρβονυλικά άτομα άνθρακα σε άλλες ενώσεις (π.χ. εστέρες). Το ένζυμο καλείται να διευκολύνει αυτή την πυρηνόφιλη προσβολή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο ΠΡΩΤΕΟΛΥΤΙΚΑ ΕΝΖΥΜΑ

9.1. Πέψη

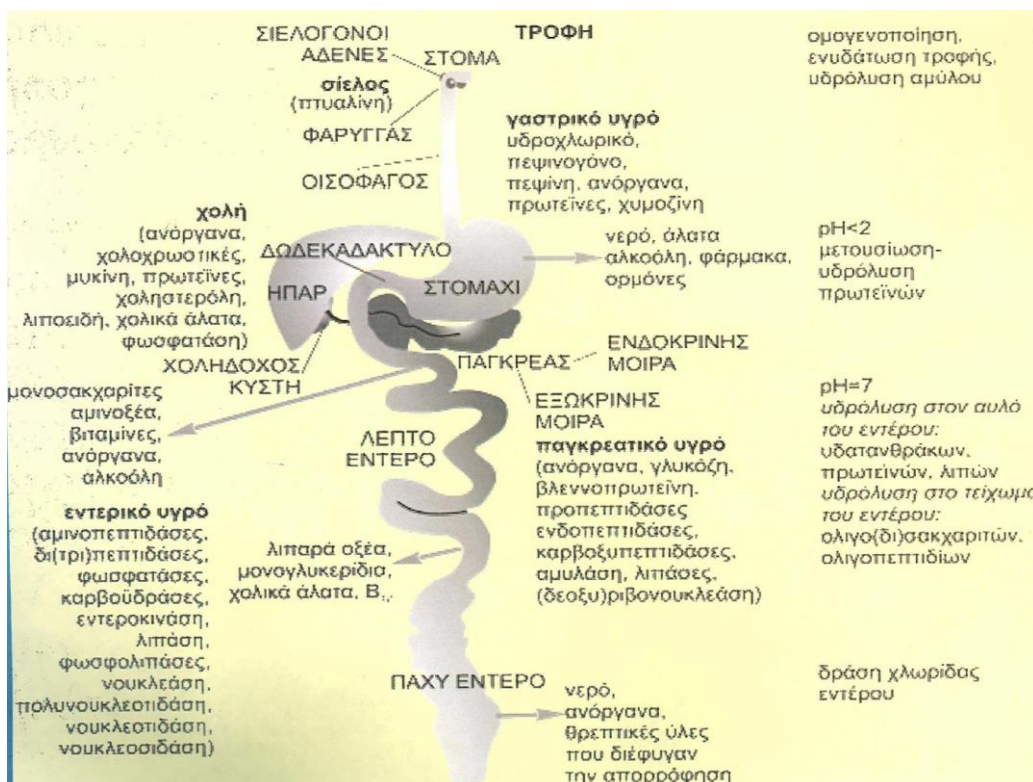
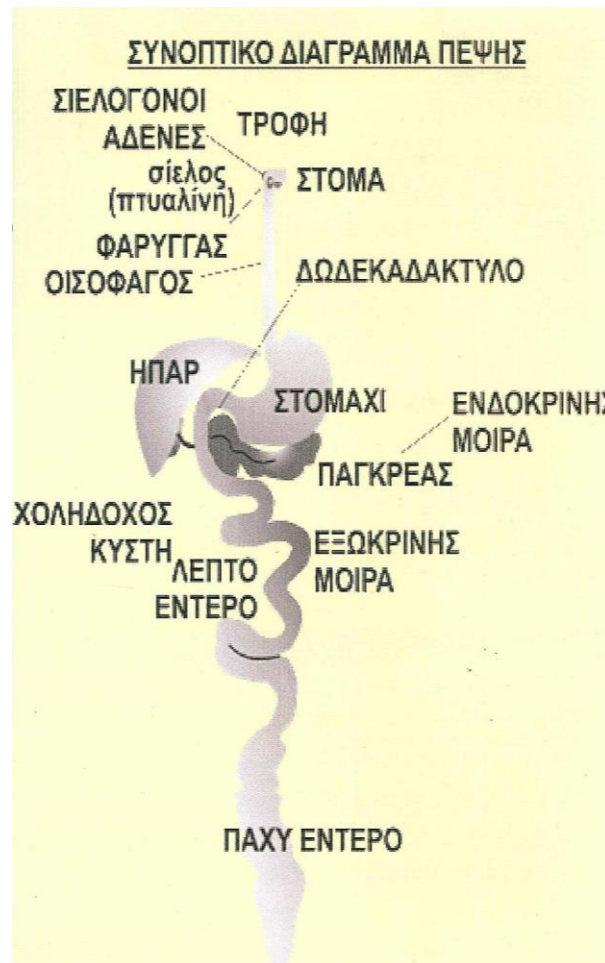
Το σύνολο των μηχανικών και χημικών κατεργασιών που υφίστανται οι θρεπτικές ύλες μέσα στο πεπτικό σύστημα ώστε να μετατραπούν σε ουσίες που να μπορούν να απορροφηθούν από τον οργανισμό, αποτελεί την πέψη (digestion).



Το πεπτικό σύστημα του ανθρώπου περιλαμβάνει το στόμα, το φάρυγγα, το στομάχι, το λεπτό έντερο, το παχύ έντερο και τελειώνει στην έδρα.

Στην πέψη συμμετέχουν ακόμα διάφορα όργανα που βρίσκονται έξω από το πεπτικό σωλήνα και συγκεκριμένα το πάγκρεας, το ήπαρ και οι σιελογόνοι αδένες που εκκρίνουν μέσα στον πεπτικό σωλήνα ουσίες απαραίτητες για την πέψη.

Τέλος, στην πέψη συμμετέχει και ο μυϊκός ιστός των τοιχωμάτων του πεπτικού σωλήνα, ο οποίος προωθεί την τροφή κατά μήκος του σωλήνα και βοηθά στη διάσπασή της.



9.2. Λειτουργία παγκρέατος

Το πάγκρεας είναι ένα όργανο που εντοπίζεται στην κοιλιακή χώρα, σε στενή σχέση με το στομάχι και το δωδεκαδάκτυλο.

Το πάγκρεας είναι **μεικτός αδένας, εξωκρινής και ενδοκρινής**. Εξωκρινής, διότι παράγει ουσίες που εκκρίνονται στον εντερικό αυλό και σχετίζονται με τη λειτουργία της πέψης. Ενδοκρινής, διότι εκκρίνει στην κυκλοφορία ορμόνες, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με τη ρύθμιση του σακχάρου του αίματος.

Η **εξωκρινής λειτουργία του παγκρέατος** αφορά την έκκριση στον εντερικό αυλό ουσιών που προάγουν την πέψη των λιπών, των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων. Παράλληλα εκκρίνεται και ένα **αλκαλικό υγρό** που έχει ως στόχο την εξουδετέρωση του όξινου περιεχομένου του στομάχου. Τα παγκρεατικά ένζυμα εκκρίνονται από τα αδενικά κύτταρα σε πρόδρομη μορφή και ενεργοποιούνται μόλις έλθουν σε επαφή με τον αυλό του εντέρου. Το παγκρεατικό έκκριμα συγκεντρώνεται στον **παγκρεατικό πόρο** και εκκρίνεται στον αυλό του δωδεκαδακτύλου σε μια περιοχή που ονομάζεται **φύμα του Vater**. Στην ίδια περιοχή εκκρίνεται και η χολή. Τα πρόδρομα ένζυμα που εκκρίνουν τα παγκρεατικά κύτταρα είναι το **θρυψινογόνο**, το **χυμοθρυψινογόνο**, η **παγκρεατική λιπάση** και η **αμυλάση**. Όταν τα πρόδρομα ένζυμα εκκριθούν στον αυλό του εντέρου, το θρυψινογόνο μετατρέπεται σε **θρυψίνη**, την ενεργό μορφή του ενζύμου, με την επίδραση ενός άλλου ενζύμου που ονομάζεται **εντεροκινάση** και εκκρίνεται από τον εντερικό αυλό. Στη συνέχεια η θρυψίνη καταλύει την μετατροπή του χυμοθρυψινογόνου σε **χυμοθρυψίνη**, που είναι η ενεργός μορφή του ενζύμου. Τα ενεργοποιημένα ένζυμα καταλύουν τη διάσπαση των πολυπεπτιδίων και των πολυσακχαριτών σε απλούστερα μόρια που μπορούν ευκολότερα να απορροφηθούν από τον αυλό του εντέρου. Συμμετέχουν επίσης ενεργά στη διαλυτοποίηση των λιπών. Η έκκριση των ενζύμων σε ανενεργή αρχικά μορφή **προστατεύει το όργανο από αυτοπεψία**. Η ανεπάρκεια αυτού του μηχανισμού προστασίας παίζει σημαντικό ρόλο στην παθογένεια της οξείας παγκρεατίτιδας. Την διέγερση της έκκρισης του παγκρέατος ρυθμίζουν άλλες ορμόνες, όπως η **γαστρίνη**, η **χολοκυστοκίνη** και η **εκκριματίνη** (ή **σεκρετίνη**), οι οποίες εκκρίνονται από το στόμαχο και το δωδεκαδάκτυλο ως αποτέλεσμα της διάτασης τους από την παρουσία τροφής.

Η **ενδοκρινής λειτουργία του παγκρέατος** αφορά την έκκριση των ορμονών γλυκαγόνη, ινσουλίνη, και σωματοστατίνη. Την ενδοκρινή λειτουργία του παγκρέατος αναλαμβάνουν αθροίσματα κυττάρων, διάσπαρτα μέσα στο παρέγχυμα του οργάνου που αποκαλούνται **νησίδια του Langerhans**. Σε αυτά διακρίνονται διάφοροι τύποι κυττάρων. Τα κύτταρα α παράγουν τη **γλυκαγόνη**, μια ορμόνη που αυξάνει το σάκχαρο του αίματος σε καταστάσεις υπογλυκαιμίας. Τα κύτταρα β παράγουν την **ινσουλίνη**, μια ορμόνη που δραστηριοποιείται κατά την πέψη των τροφών, επάγοντας την απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών από την κυκλοφορία προς τους περιφερικούς ιστούς προκειμένου να καταναλωθούν ή να αποθηκευτούν. Με τη δράση της αυτή η ινσουλίνη ελαττώνει τα επίπεδα σακχάρου του αίματος. Τα κύτταρα δ παράγουν την ορμόνη **σωματοστατίνη**, η οποία ασκεί ανασταλτικό έλεγχο στην έκκριση τόσο γλυκαγόνης, όσο και ινσουλίνης.

9.3. Παγκρεατικό υγρό (pancreatic juice)

Εκκρίνεται στο λεπτό έντερο από το πάγκρεας. Το όργανο αυτό, που έχει σχήμα ψαριού μήκους 15-22 cm και βρίσκεται στο πίσω μέρος του στομάχου, διακρίνεται σε δύο τμήματα: Το ένα τμήμα αποτελεί την ενδοκρινή μοίρα. Από εξειδικευμένα κύτταρα της μοίρας αυτής παράγονται οι ορμόνες ινσουλίνη (β-

κύτταρα στις νησίδες Langerhans) και γλυκαγόνη (α-κύτταρα στις νησίδες Langerhans).



Το άλλο τμήμα του παγκρέατος, αποτελεί την εξωκρινή μοίρα. Από τη μοίρα αυτή εκκρίνεται το παγκρεατικό υγρό, που αποτελεί την κύρια πηγή πεπτικών ενζύμων που δρουν στο λεπτό έντερο. Εκτός από τα ένζυμα που θα αναφερθούν στη συνέχεια, το παγκρεατικό υγρό περιέχει όξινα ανθρακικά ιόντα, που εξουδετερώνουν το όξινο περιβάλλον που έχει ο χυλός από το στομάχι και του προσδίδουν pH 7,5-8,8, κατάλληλο για να δράσουν τα ένζυμα του παγκρεατικού υγρού. Ακόμα περιέχει 98,7% νερό, χλώριο, κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, γλυκόζη και έχει μορφή βλενώδους υγρού. Η έκκριση (0,7 – 2,5 L) γίνεται στο δωδεκαδάκτυλο με ρυθμό 6 – 36 mL/h, από ένα παγκρεατικό αγωγό που σχηματίζεται με τη διαδοχική συμβολή όλο και μικρότερων αγγείων, που ξεκινούν από το κύριο σώμα του παγκρέατος.

Στους αγωγούς (των αγγείων) εκκρίνεται το αλκαλικό διάλυμα.

Από το κύριο σώμα του παγκρέατος εκκρίνονται τα ένζυμα, που είναι πρωτεολυτικά, λιπολυτικά, αλλά και ένζυμα που υδρολύουν υδαάνθρακες (διαστατικά ένζυμα).

9.4. Πρωτεολυτικά ένζυμα, που παράγονται και εκκρίνονται (με τη μορφή προενζύμου) από το πάγκρεας

- Το *θρυψινογόνο* (trypsinogen), που μετατρέπεται σε θρυψίνη (trypsin), με τη δράση του ενζύμου εντεροκινάση (enterokinase), το οποίο εκκρίνεται από τα επιθηλιακά κύτταρα του δωδεκαδάκτυλου και αποσπά ένα εξαπεπτίδιο.
- Η παραγόμενη θρυψίνη καταλύει την παραπάνω μετατροπή του θρυψινογόνου σε θρυψίνη, αλλά και την απόσπαση δύο διπεπτιδίων από το μόριο του χυμοθρυψινογόνου (chymotrypsinogen), για να παραχθεί από αυτό το προένζυμο, η *χυμοθρυψίνη* (chymotrypsin).
- Τόσο το προένζυμο (θρυψινογόνο) όσο και το ένζυμο (χυμοθρυψίνη), βρίσκονται σε δύο μορφές, την Α και την Β μορφή.
- Η *ελαστάση* (elastase), που εκκρίνεται σαν προένζυμο, την προελαστάση και μετατρέπεται σε ελαστάση με τη δράση της θρυψίνης.
- Η ελαστάση μοιάζει με τη θρυψίνη και υδρολύει την ελαστίνη και μερικές άλλες πρωτεΐνες.
- Τα τρία ένζυμα, η θρυψίνη, η χυμοθρυψίνη και η ελαστίνη, είναι *ενδοπεπτιδάσες* και διασπούν πεπτιδικούς δεσμούς, προς την πλευρά του καρβοξυλίου, με διαφορετική εξειδίκευση το καθένα.

- Η *θρυψίνη* τους πεπτιδικούς δεσμούς, στους οποίους συμμετέχει με το καρβοξύλιο τους Lys ή Arg.
- Η *χυμοθρυψίνη*, πεπτιδικούς δεσμούς που βρίσκονται κοντά σε αρωματικούς δακτύλιους (Tyr, Trp, Phe και Leu).
- Η *ελαστίνη*, πεπτιδικούς δεσμούς με αμινοξέα που έχουν μικρή πλάγια αλυσίδα, όπως η Ala, Gly, Val, Ile και Ser.
- Η προκαρβοξυπεπτιδάση (procarboxypeptidase) A και B, που με τη δράση της θρυψίνης ή της εντεροκινάσης μετατρέπεται από τη μορφή προενζύμου στην *καρβοξυπεπτιδάση A και B* (carboxypeptidase A, B). Τα ένζυμα αυτά υδρολύουν τελικά αμινοξέα, με ελεύθερη καρβοξυλομάδα (εξωπεπτιδάσες).

Όλα τα παραπάνω ένζυμα (*θρυψίνη, χυμοθρυψίνη, ελαστάση και καρβοξυπεπτιδάσες*) αποτελούν ένα *πολυενζυμικό σύστημα*, που υδρολύει τους πεπτιδικούς δεσμούς των πρωτεϊνών της τροφής και παράγουν ελεύθερα αμινοξέα ή διπεπτίδια.

- Η *παγκρεατική αμυλάση* (pancreatic amylase), που είναι το ίδιο ένζυμο που υπάρχει και στο σάλιο (πτυαλίνη) και σαν α-αμυλάση, υδρολύει το άμυλο, το γλυκογόνο και τις δεξτρίνες σε μαλτόζη, μαλτοτριόζη και μίγμα ολισακχαριτών.
- Η *παγκρεατική λιπάση* (pancreatic lipase), η οποία με τον πρωτεϊνικής φύσης συμπεράγοντα συνλιπάση (Co-lipase) υδρολύει τα τριγλυκερίδια σταδιακά σε δι-, μονο-γλυκερίδια και γλυκερόλη.
- Η *φωσφολιπάση A₂* (phospholipase A₂), που εκκρίνεται με τη μορφή της προ-φωσφολιπάσης A₂ και με τη δράση της θρυψίνης μετατρέπεται στο δραστικό ένζυμο. Το ένζυμο αυτό υδρολύει το λιπαρό οξύ από τη δεύτερη θέση της φωσφατιδυλοχολίνης και άλλων φωσφολιποειδών και τα μετατρέπει σε λυσο-φωσφολιποειδή.
- Η *εστεράση της χοληστερόλης* (cholesterol esterase), ένα ένζυμο που υδρολύει τη χοληστερόλη την εστεροποιημένη με λιπαρά οξέα.
- Η *ριβονουκλεάση* (ribo-nuclease) και η *δεοξυριβονουκλεάση* (deoxyribo-nuclease) που υδρολύουν τα νουκλεϊνικά οξέα σε μονο-νουκλεοτίδια.

9.5. Συστατικά παγκρεατικού υγρού

- 98,7% νερό
- Ανόργανα (χλώριο, κάλιο, νάτριο, ασβέστιο κλπ.)
- Γλυκόζη
- Βλεννοπρωτεΐνη
- Θρυψίνη (θρυψινογόνο), ενδοπεπτιδάση
- Χυμοθρυψίνη (χυμοθρυψινογόνο), ενδοπεπτιδάση
- Ελαστάση (προελαστάση), ενδοπεπτιδάση
- Καρβοξυπεπτιδάση A και B (προκαρβοξυπεπτιδάση A και B), εξωπεπτιδάσες
- Παγκρεατική αμυλάση
- Παγκρεατική λιπάση και τον πρωτεϊνικής φύσης συμπαράγοντα συνλιπάση
- Φωσφολιπάση A₂ (προ-φωσφολιπάση A₂)
- Εστεράση της χοληστερόλης
- Ριβονουκλεάση και δεοξυριβονουκλεάση

9.6. Ρύθμιση της έκκρισης του παγκρεατικού υγρού

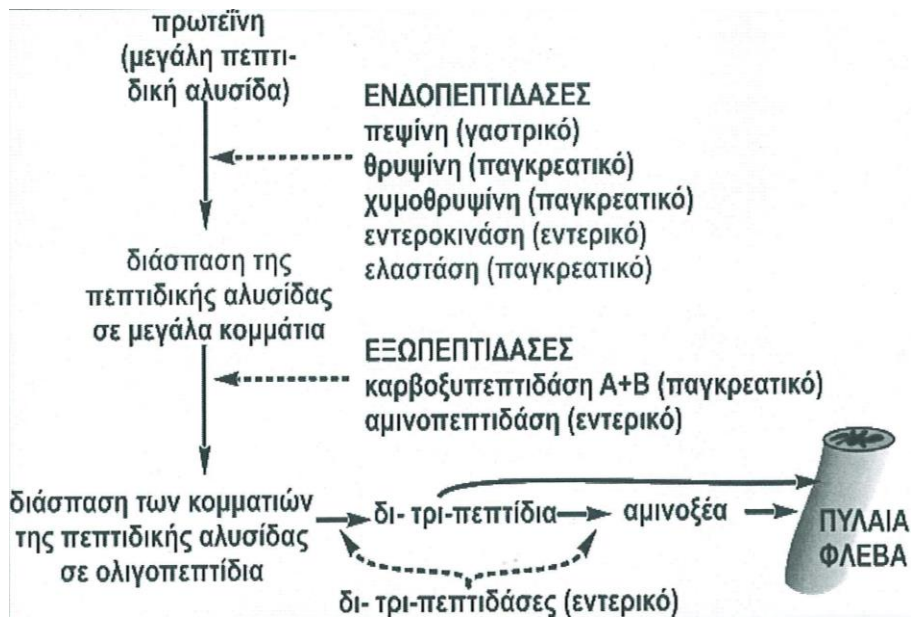
Γίνεται κυρίως με *ορμονικό μηχανισμό*, αλλά φαίνεται να εξαρτάται και από το *νευρικό σύστημα*, αφού διάταση του θόλου του στομάχου, που συμβαίνει όταν

γεμίσει με τροφή, προκαλεί αύξηση της έκκρισης του παγκρεατικού υγρού, δηλαδή αύξηση της έκκρισης του υγρού και της απελευθέρωσης των ενζύμων και ακόμη διάταση του πυλωρικού τμήματος, καθώς προχωρά η τροφή, προκαλεί έκκριση ενζύμων από το κυρίως σώμα του παγκρέατος.

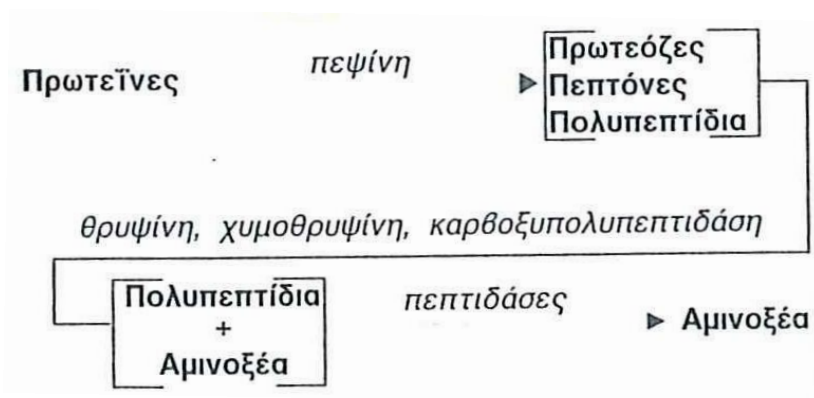
Η *ορμονική ρύθμιση* εξαρτάται κυρίως από την απελευθέρωση δύο εντερικών ορμονών της *εκκριματίνης* (secretine) και της *χοληκυστοκινίνης* (cholecystokinin – pancreozymin).

ΟΡΜΟΝΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΚΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΑΓΚΡΕΑΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ

Όνομα	Τόπος έκκρισης	Δράσεις
Αγγειοδραστικό εντερικό πεπτίδιο (VIP)	Δωδεκαδάκτυλος	<ul style="list-style-type: none"> - Θετική δράση στη χολή - Έκκριση παγκρεατικού υγρού (λεπτόρρευστου, πλούσιου σε όξινα ανθρακικά και φτωχού σε ένζυμα) - Αναστολή γαστρικής έκκρισης
Βιλικινίνη	Δωδεκαδάκτυλος	<ul style="list-style-type: none"> - - Κινητικότητα των λαχνών
Γαστρικό ανασταλτικό πεπτίδιο (GIP)	Ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου	<ul style="list-style-type: none"> - Έκκριση εντερικού υγρού (πτωχού σε ένζυμα) - Αναστολή γαστρικής έκκρισης
Γαστρίνη	Πυλωρός και δωδεκαδάκτυλος	<ul style="list-style-type: none"> - Μεγαλύτερης διάρκειας έκκριση γαστρικού υγρού από τα κύτταρα του θόλου του στομάχου - Διέγερση της κινητικότητας του στομάχου - Πρόκληση μικρής έκκρισης παγκρεατικού υγρού
Εγκεφαλίνη	Λεπτό έντερο	<ul style="list-style-type: none"> - Αναστολή έκκρισης παγκρεατικών ενζύμων - Διέγερση της έκκρισης γαστρικού υγρού - Αναστολή της εντερικής κινητικότητας
Εκκριματίνη	Δωδεκαδάκτυλος	<ul style="list-style-type: none"> - Έκκριση παγκρεατικού υγρού (λεπτόρρευστου, πλούσιου σε όξινα ανθρακικά και φτωχού σε ένζυμα) - Αναστολή γαστρικής κινητικότητας
Εντεροκρινίνη	Δωδεκαδάκτυλος	<ul style="list-style-type: none"> - Έκκριση εντερικού υγρού πλούσιου σε ένζυμα
Εντερογαστρίνη	Δωδεκαδάκτυλος	<ul style="list-style-type: none"> - Σταδιακό σταμάτημα της διέγερσης του πνευμονογαστρικού νεύρου
Ισταμίνη	Γαστρικό βλεννογόνο	<ul style="list-style-type: none"> - Έκκριση υδροχλωρικού οξέος
Σωματοστατίνη	Λεπτό έντερο	<ul style="list-style-type: none"> - Αναστολή της έκκρισης παγκρεατικού υγρού - Αναστολή της έκκρισης γαστρικού υγρού - Αναστολή της εντερικής κινητικότητας και της αιματικής ροής
Χοληκυστοκινίνη	Δωδεκαδάκτυλος και ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου	<ul style="list-style-type: none"> - Σύσπαση λείων μυϊκών τοιχωμάτων της χοληδόχου κύστης και χαλάρωση του σφιγκτήρα της χοληδόχου κύστης, για προώθηση της χολής προς το έντερο - Έκκριση παγκρεατικού υγρού (ιξώδους, φτωχού σε ανθρακικά άλατα και πλούσιου σε ένζυμα)



**Πέρασμα χυλού από το λεπτό έντερο και πέψη της τροφής.
Διάσπαση πρωτεϊνών σε αμινοξέα**



Πέψη των πρωτεϊνών

Συνοπτικά για τη πέψη των πρωτεϊνών:

- Στους ενήλικες στο αίμα μεταφέρονται μόνο αμινοξέα και ελάχιστα διπεπτίδια ή ολιγοπεπτίδια (με ειδικά συστήματα μεταφοράς).
- Στα παιδιά μικρής ηλικίας στο αίμα μεταφέρονται αμινοξέα και πεπτιδια-ολόκληρες πρωτεΐνες (με ενδοκύτωση).

Οι πρωτεϊνικές αυτές (έστω και αν είναι τοξικές) σαν αντιγόνα προκαλούν το σχηματισμό αντισωμάτων.

Όταν τα αντισώματα είναι της τάξης των IgE, προκαλούνται οι πεπτικές αλλεργίες.

9.7. Υδρολάσες

Πρωτεάσες ή πρωτεϊνάσες ή πεπτιδάσες ή C-N-υδρολάσες

Οι περισσότερες από τις πρωτεάσες σερίνης είναι πιθανό ότι δρουν με σχεδόν ίδιο μηχανισμό με εκείνον της χυμοθρυψίνης.

Δομικές μελέτες έχουν δείξει ότι η θρυψίνη, η θρομβίνη και η ελαστάση έχουν παρόμοια διευθέτηση στο σύστημα μεταφοράς φορτίου.

Εκτός από τις πρωτεάσες σερίνης υπάρχουν και πρωτεολυτικά ένζυμα των οποίων η δράση δεν αναστέλλεται από το DPF (είναι ένας μη αντιστρεπτός αναστολέας που επιλεκτικά απενεργοποιεί την σερίνη) και φαίνεται ότι εξαρτάται από μια σουλφυδρυλομάδα κυστεΐνης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατηγορίας αυτής είναι η παπαΐνη.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η αλληλουχία των αμινοξέων γύρω από την ομάδα της κυστεΐνης στην παπαΐνη εμφανίζει ομοιότητες με την αλληλουχία των αμινοξέων γύρω από την ομάδα της σερίνης στη θρυψίνη, γεγονός που οδηγεί στην υπόθεση ότι αυτές οι δύο κατηγορίες των πρωτεασών μπορεί να έχουν προέλθει από κοινό μόριο.

Ο μηχανισμός δράσης της παπαΐνης φαίνεται ότι είναι όμοιος με εκείνον της χυμοθρυψίνης, με κάποιες διαφορές:

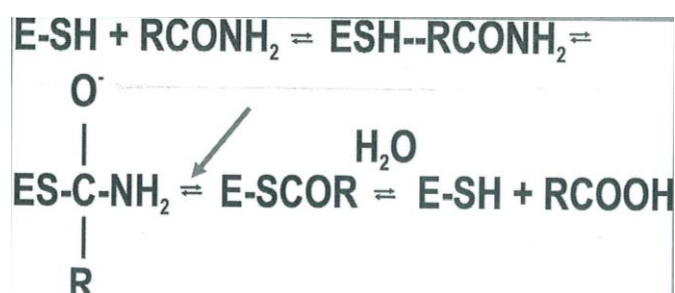
- Το ενδιάμεσο ακυλιωμένο παράγωγο του ενζύμου (παπαΐνης) σχηματίζεται με θειεστερικό δεσμό.

- Στο ενεργό κέντρο της παπαΐνης συμμετέχει εκτός από τη -SH της κυστεΐνης 25, μία ομάδα ιστιδίνης (His 158), η οποία πιστεύεται ότι δρα σα βασικός καταλύτης, μετατρέποντας την κυστεΐνη σε ισχυρότερο πυρηνόφιλο.

Στην περίπτωση της παπαΐνης δεν υπάρχουν αποδείξεις ότι στο σύστημα μεταφοράς φορτίου συμμετέχει καρβοξυλομάδα, αφού η πιο κοντινή ομάδα ασπαραγινικού οξέος (Asp 158) είναι πολύ μακριά για να λειτουργήσει σα βασικός καταλύτης στην ομάδα της ιστιδίνης.

Από τα δεδομένα φαίνεται ότι ο μηχανισμός δράσης της παπαΐνης συμπεριλαμβάνει το σχηματισμό του τετραεδρικού ενδιάμεσου, το οποίο προκύπτει από την προσβολή της κυστεΐνης 25 στο υπόστρωμα.

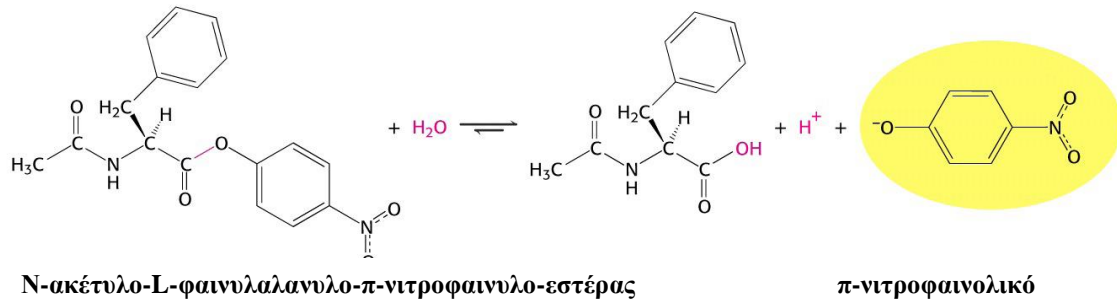
Η βραδεία αντίδραση του μηχανισμού, είναι η αντίδραση μετατροπής του τετραεδρικού ενδιάμεσου στο ακυλο-ένζυμο.



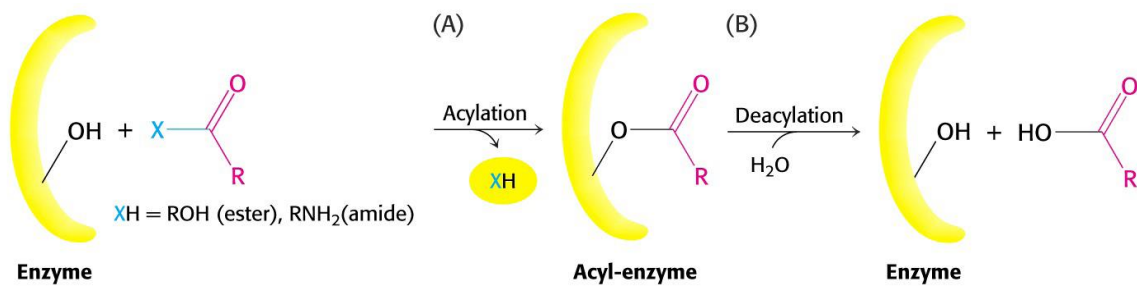
Παράδειγμα: Η Χυμοθρυψίνη

Η χυμοθρυψίνη διασπά επιλεκτικά πεπτιδικούς δεσμούς στο καρβοξυτελικό άκρο μεγάλων υδρόφοβων αμινοξέων (τρυπτοφάνη, τυροσίνη, φαινυλαλανίνη, μεθειονίνη). Χρησιμοποιεί τη στρατηγική της ομοιοπολικής μετατροπής, αξιοποιώντας ένα ισχυρό πυρηνόφιλο, στοχεύοντας σε μια καρβονυλομάδα του υποστρώματος.

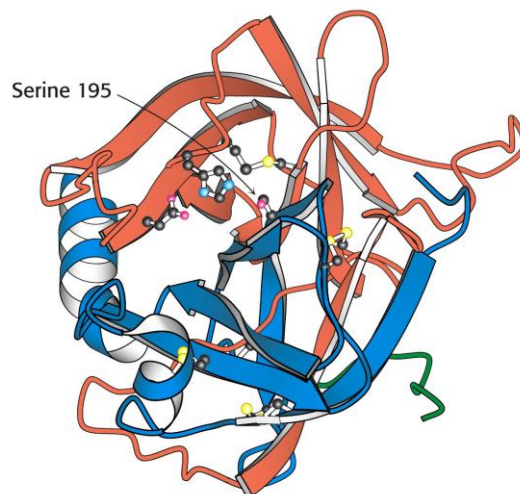
Χρησιμοποιώντας χρωμογόνο υπόστρωμα (ανάλογο του υποστρώματος) μπορούμε να διεκρινίσουμε το ρόλο της Σερίνης 195.



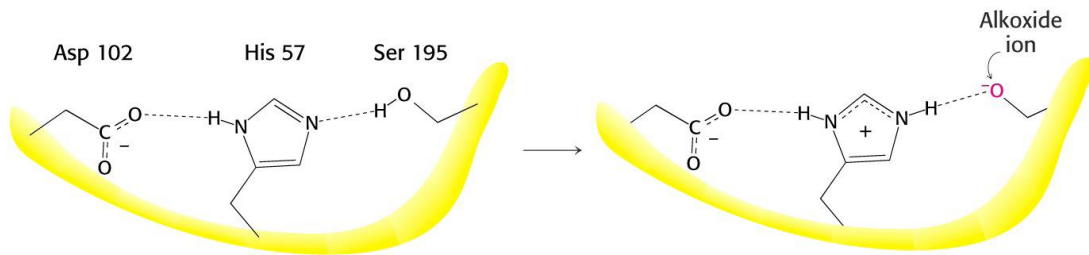
Σχηματίζεται ένα ενδιάμεσο ένζυμο-υπόστρωμα. Αρχικά η $-OH$ της Σερίνης προσβάλλει την καρβονυλική ομάδα δίνοντας το ενδιάμεσο ακυλοένζυμο, το οποίο υδρολύεται και δίνει το ελεύθερο ένζυμο.



Η δομή της Χυμοθρυψίνης αποκάλυψε σημαντικά στοιχεία για τη λειτουργία της. Αποτελείται από τρεις αλυσίδες ενωμένες με δισουλφιδικούς δεσμούς. Συντίθεται ως χυμοθρυψινογόνο που μετά τη διάσπασή του ενεργοποιείται. Το ενεργό κέντρο είναι σε μια σχισμή.



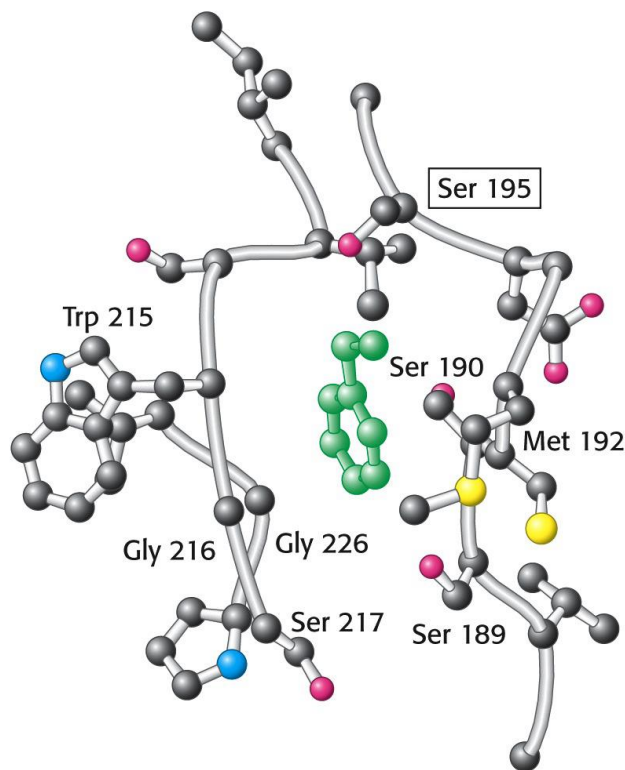
Τρία κατάλοιπα παίζουν ρόλο στην ιδιαίτερη ενεργότητα της Σερίνης 195. Η Σερίνη κάνει δεσμό υδρογόνου με το μιδαζόλιο της Ιστιδίνης 57 και αυτή με τη σειρά της με το καρβοξύλιο του Ασπαρτικού 102. Αυτά αποτελούν μια *καταλυτική τριάδα*.



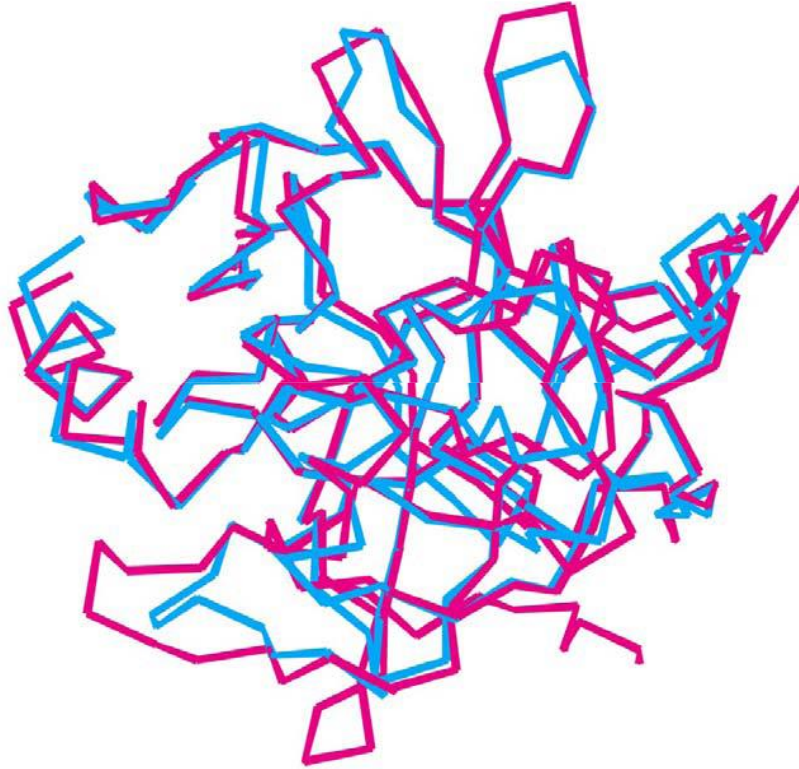
Η Ιστιδίνη διευθετεί τη Σερίνη και πολώνει το $-OH$, σε σημείο που αφαιρείται το $-H$ και έτσι το αλκοξείδιο που προκύπτει είναι πιο ισχυρό πυρηνόφιλο.

Γιατί όμως η χυμοθρυψίνη προτιμά μεγάλα υδρόφοβα κατάλοιπα; Την απάντηση δίνει η δομή του ενζύμου.

Το ενεργό κέντρο είναι μια βαθιά σχισμή στην οποία ταιριάζουν οι μακριές αφόρτιστες πλευρικές ομάδες. Η διευθέτηση αυτή επιτρέπει στο ένζυμο να δει τον παρακείμενο πεπτιδικό δεσμό. Άρα η εξειδίκευση εξαρτάται από το αμινοξύ που είναι γειτονικά στον υπό διάσπαση δεσμό.

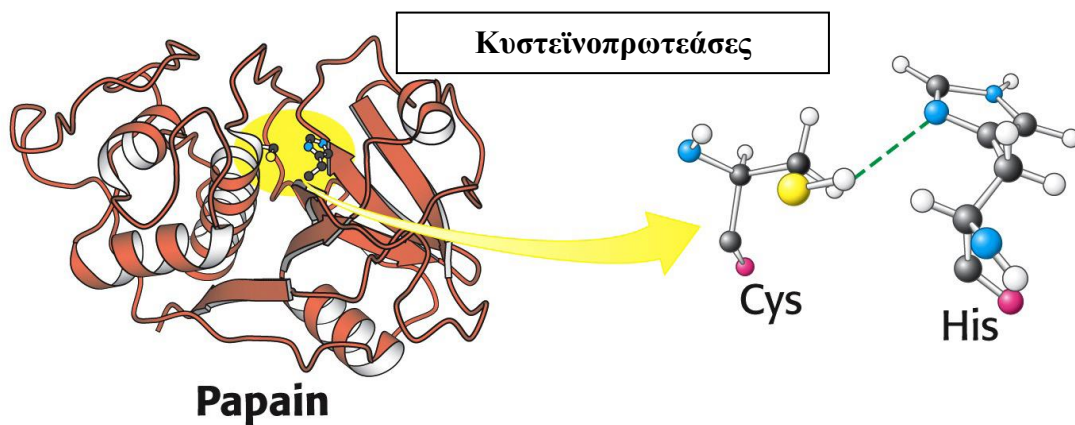


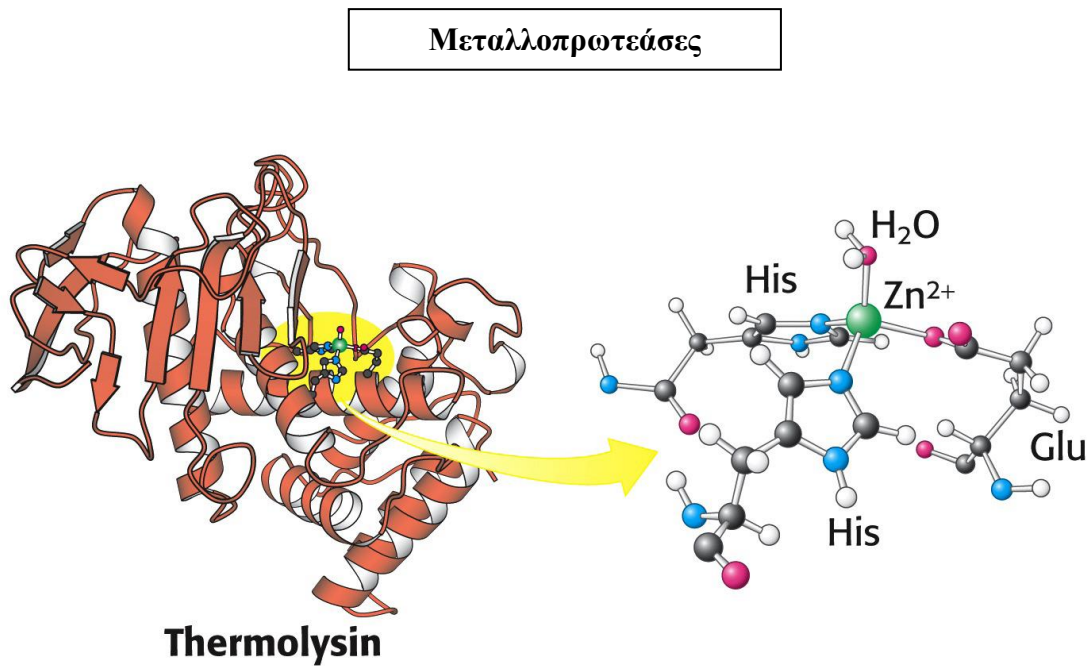
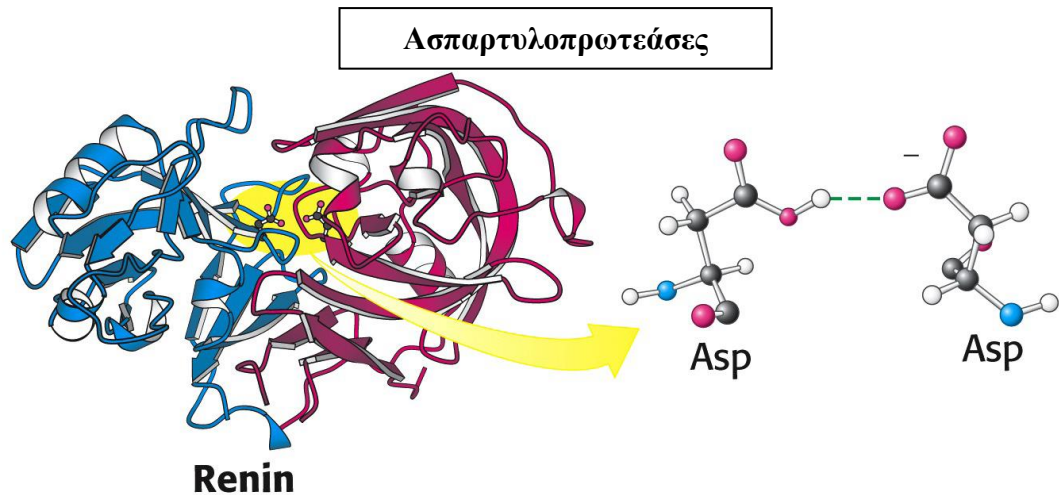
Αντίστοιχες καταλυτικές τριάδες έχουν εντοπιστεί και σε άλλα ένζυμα (θρυψίνη, ελαστάση). Παρουσιάζουν έως και 40% ομολογία και αρκετά μεγάλη δομική ομοιότητα (θρυψίνη = μπλε, μέση απόκλιση 1,7Å)



Ωστόσο δεν είναι πάντα παρόν ένα κατάλοιπο σερίνης στην καταλυτική θήκη. Υπάρχουν τρεις ακόμη κατηγορίες πρωτεασών που προκειμένου να πρωτεολύσουν τον πεπτιδικό δεσμό χρησιμοποιούν εναλλακτικό μηχανισμό. Σε κάθε περίπτωση απαραίτητη είναι η προσβολή της καρβονυλικής ομάδας του πεπτιδίου.

Στην ομάδα αυτή των πρωτεασών ένα κατάλοιπο κυστεΐνης ενεργοποιείται από μια ιστιδίνη. Η κυστεΐνη παίζει το ρόλο του πυρηνόφιλου.





9.8. Πρωτεολυτικά ένζυμα

Οι πρωτεάσες είναι από τα σημαντικότερα υδρολυτικά ένζυμα. Στη συστηματική ονοματολογία αναφέρονται σαν C-N υδρολάσες, μια και η αντίδραση που καταλύουν είναι η διάσπαση του πεπτιδικού δεσμού, δηλαδή ενός δεσμού C-N.

Σύμφωνα με τον εντοπισμό και τη βιολογική τους λειτουργία διακρίνουμε τις εξής ομάδες πρωτεασών: α. *πεπτικά ένζυμα* που βρίσκονται στον γαστρεντερικό σωλήνα και χρησιμοποιούνται για την πέψη πρωτεϊνών της τροφής, β. *πρωτεάσες* που βρίσκονται *εξωκυτταρικά* στο αίμα και στα άλλα εξωκυτταρικά υγρά, όπου επιτελούν εξειδικευμένες λειτουργίες, π.χ. πήξη αίματος, ινωδιάλυση και γ. *ενδοκυτταρικές πρωτεάσες*, που βρίσκονται κυρίως στα λυσοσώματα. Εδώ ανήκουν και οι πρωτεάσες

που μετατρέπουν τα πρόδρομα των πεπτιδικών ορμονών σε πεπτιδικές ορμόνες. Η λειτουργία τους δεν είναι ακόμη πολύ καλά γνωστή (πίνακας 1).

ΜΕΡΙΚΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΠΡΩΤΕΟΛΥΤΙΚΑ ΕΝΖΥΜΑ

Υποομάδες και όνομα	Mr	Άριστο pH	Ανεύρεση	Εξειδίκευση
<i>Πρωτεϊνάσες-σερίνης</i>				
Χυμοθρυψίνη Α	25.000	7,8	λεπτό έντερο	Tyr-, Trp-, Phe-Leu-
Θρυψίνη	24.000	7,5-8,5	λεπτό έντερο	Arg-, Lys-
Θρομβίνη	38.000	7,4	πλάσμα αίματος	Arg- (ινωδογόνο)
<i>SH-πρωτεϊνάσες</i>				
Καθεψίνη Β		5-6	ενδοκυτταρική	Arg-, Lys-, Phe-X-
Παπαΐνη	21.000	5-5,5	καρπός παπάγια	Arg-, Lys-, Phe-X-
<i>Καρβοξυλικές πρωτεϊνάσες</i>				
Πεψίνη Α	32.000	1,5-3	στόμαχος	(-Tyr-, -Phe-)
Πεψίνη C (γαστριξίνη)	31.500	3-3,5	στόμαχος	(-Tyr-, -Phe-)
Ρενίνη	30.700		στόμαχος μοσχαριού	(-καζεϊνογόνο)
Καθεψίνη D	58.000	3-4,5	ενδοκυτταρική	όπως η πεψίνη
<i>Μεταλλοπρωτεϊνάσες</i>				
Θερμολυσίνη	31.000	6-10	βακτηρίδια	-Leu-, -Phe
Κολλαγονάση	95.000	8,6	κλωστρίδιο	-Pro-X-Gly-Pro

9.8.1. Εξειδίκευση των πρωτεϊνάσων

Σε αντίθεση με τα περισσότερα ένζυμα, οι πρωτεϊνάσες δεν δείχνουν εξειδίκευση για ορισμένα υποστρώματα (δηλαδή για ορισμένες πρωτεΐνες), αλλά μόνο για ορισμένα δομικά χαρακτηριστικά της πεπτιδικής αλυσίδας. Έτσι, η πεψίνη, η θρυψίνη και άλλες πρωτεάσες δρουν πάνω σε όλες τις πρωτεΐνες (σημαντικό για την διεργασία της πέψης). Οι μετουσιωμένες πρωτεΐνες υδρολύονται ευκολότερα από τις φυσικές. Η δράση στην πεπτιδική αλυσίδα γίνεται αποκλειστικά σε ορισμένα αμινοξέα, όπως φαίνεται στον πίνακα.

9.8.2. Ζυμογόνα

Τα περισσότερα πεπτικά ένζυμα, όπως η πεψίνη, η θρυψίνη και η χυμοθρυψίνη, σχηματίζονται στα εκκριτικά κύτταρα του στομάχου ή του παγκρέατος σε μορφή ανενεργών προδρόμων που ονομάζονται ζυμογόνα. Η πεπτιδική τους αλυσίδα είναι συνήθως μεγαλύτερη από αυτή των τελικών ενζύμων. Η πρωτεολυτική διάσπαση των ζυμογόνων σε συγκεκριμένες θέσεις επιτρέπει τέτοια αλλαγή στη

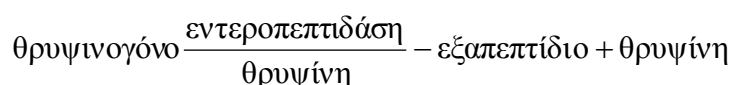
χωροδιάταξή τους, ώστε οι διάφορες ενεργές ομάδες να επαναδιευθετούνται στο ενεργό κέντρο. Έτσι, γεννώνται οι ενεργές πρωτεΐνες.

Η μεταβολή του ζυμογόνου προς ένζυμο γίνεται στο στομαχικό ή στο εντερικό υγρό. Έτσι αποφεύγεται η δημιουργία ενεργών πρωτεϊνών μέσα στα εκκριτικά κύτταρα.

Στη συνέχεια αναφέρονται οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των ενζύμων που χρησιμοποιούνται στη βιολογική αποτρίχωση, δηλαδή της θρυψίνης, της χυμοθρυψίνης και της παπαΐνης.

9.8.3. Η θρυψίνη

Παράγεται στο έντερο από το προϊόν των παγκρεατικών κυττάρων, το θρυψινογόνο. Το προένζυμο αυτό, ή ζυμογόνο, μετατρέπεται στην ενεργό μορφή από την εντεροπεπτιδάση που σχηματίζεται στο λεπτό έντερο. Την ίδια δράση ασκεί και η ίδια η θρυψίνη. Έτσι προχωρεί με αυτοκαταλυτικό τρόπο:



Η διάσπαση με την εντεροπεπτιδάση γίνεται 1000 φορές πιο γρήγορα, πράγμα που έχει ως συνέπεια το ένζυμο αυτό του λεπτού εντέρου να έχει ουσιαστική σημασία για την ενεργοποίηση του θρυψινογόνου.

Η κρυσταλλική θρυψίνη έχει μοριακή μάζα 24.000 και διασπά σε άριστο pH 7-9, δηλαδή σε ασθενές αλκαλικό μέσο.

Δρα σε πεπτιδικούς δεσμούς όπου συμμετέχουν η λυσίνη και η αργίνη. Οι φυσικές πρωτεΐνες διασπώνται πολύ βραδύτερα από τις μετουσιωμένες. Η άθικτη χωροδιάταξη προφυλάσσει ενεργά από την πρωτεόλυση.

9.8.4. Η χυμοθρυψίνη

Είναι άλλη μία πρωτεΐνη του πεπτικού συστήματος. Πρόδρομος της είναι το χυμοθρυψινογόνο, που εκκρίνεται από το πάγκρεας. Η μετατροπή στην ενεργό χυμοθρυψίνη γίνεται στο λεπτό έντερο από τη θρυψίνη, που διασπά το δεσμό Arg 15 - 11e 16 και προκαλεί με τον τρόπο αυτό μία αλλαγή στη χωροδιάταξή της πρωτεΐνης, η οποία οδηγεί στο σχηματισμό του ενεργού κέντρου του ενζύμου.

Η χυμοθρυψίνη διασπά κατ' εξοχήν υδρόφοβα αμινοξέα (αρωματικά αμινοξέα, λευκίνη) δεν έχει όμως την αυστηρή εξειδίκευση της θρυψίνης. Η θρυψίνη και η χυμοθρυψίνη περιέχουν στο ενεργό κέντρο τους μία ομάδα ιστιδίνης και μία σερίνης.

Πρόκειται για τις πιο γνωστές πρωτεΐνες που περιέχουν σερίνη. Οι αναστολείς της θρυψίνης βρίσκονται σε ζωικά και φυτικά υλικά. Καταλαμβάνουν το ενεργό κέντρο του ενζύμου και αντιδρούν με τη σερίνη.

9.8.5. Η παπαΐνη

Είναι μια πρωτεάση που λαμβάνεται από τον χυμό των φρούτων της *Carica papaya*. Το μοριακό της βάρος είναι 21.000 D. Το άριστο pH δράσης του ενζύμου είναι 5 έως 5,5. Στην εξειδίκευση υποστρώματος μοιάζει με την θρυψίνη. Η παπαΐνη ανήκει στην κατηγορία των SH-πρωτεασών, επειδή φέρει μια ομάδα κυστεΐνης στο ενεργό της κέντρο.

9.8.6. Άλλες ενδοπεπτιδάσες

Καθεψίνες: Είναι μία κατηγορία ενδοκυτταρικών πρωτεϊνών που δρουν σε ασθενές όξινο pH. Στο κύτταρο, οι καθεψίνες εντοπίζονται συνήθως στα λυσοσώματα.

Πεψίνη: Είναι το σημαντικότερο πρωτεολυτικό ένζυμο του στομάχου. Στο βλεννογόνο του στομάχου σχηματίζεται πρώτα ένα πρόδρομο, το πεψιγόνο, που σε όξινο pH ή με τη δράση της πεψίνης (αυτοκατάλυση) μετατρέπεται στο ενεργό ένζυμο. Κατά τη διεργασία αυτή αποσπώνται περισσότερα πεπτίδια. Ένα από τα πεπτίδια αυτά δρα σε ουδέτερο pH σαν αναστολέας της πεψίνης.

Η διάσπαση της πεψίνης είναι άριστη στο όξινο περιβάλλον του γαστρικού υγρού. Σε περιπτώσεις ελαττωμένης οξύτητας του στομάχου παρατηρείται ελάχιστη πέψη των πρωτεϊνών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο **ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ**

10.1. Γενικά

Οι περιοχές του σώματος με ανεπιθύμητη τριχοφυΐα εξακολουθούν να είναι ένα αισθητικό πρόβλημα που απασχολεί το μεγαλύτερο ποσοστό των γυναικών αλλά και μερίδα αντρών. Σήμερα, με την πρόοδο της κοσμητολογίας και της τεχνολογίας, η αντιμετώπιση των ανεπιθύμητων τριχών από την επιδερμίδα γίνεται είτε με προσωρινή είτε με μόνιμη αποτρίχωση και αυτό επιλέγεται ανάλογα με:

- την έκταση του προβλήματος
- την περιοχή που πρόκειται να αποτριχωθεί
- τον τύπο της τρίχας (χνοώδες ή τελικό τρίχωμα, ξανθό ή σκούρο)
- την ευαισθησία της επιδερμίδας
- το πόσο θέλουμε να διαρκέσουν τα αποτελέσματα της αποτρίχωσης
- την οικονομική δυνατότητα του κάθε ατόμου

Οι μέθοδοι αποτρίχωσης αποσκοπούν:

- στην αφαίρεση του στελέχους της τρίχας
- στην αφαίρεση του στελέχους και της ρίζας ταυτόχρονα
- στην καταστροφή των αναγεννητικών κυττάρων της τρίχας αλλά και του ισθμού της

ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗ

Προσωρινή		Μόνιμη	
Μικρής χρονικής διάρκειας Αφαίρεση του στελέχους της τρίχας	Μεγάλης χρονικής διάρκειας Αφαίρεση στελέχους & ρίζας της τρίχας	Μεγάλης χρονικής διάρκειας Αδρανοποίηση των αναγεννητικών κυττάρων	Αδρανοποίηση των αναγεννητικών κυττάρων
1. Μηχανικά μέσα - Ψαλίδι - Ξυράφι - Ξυριστική μηχανή - Σκληρά γάντια	1. Μηχανικά μέσα - Τσιμπιδάκια - Αποτριχωτική μηχανή	1. Βιολογική - Χημικά προϊόντα (θρυψίνη, χυμοθρυψίνη, παπαΐνη)	1. Ηλεκτρική - Ηλεκτρόλυση - Θερμόλυση - Blend - Laser - Φωτόλυση
2. Χημικά μέσα - Αποτριχωτικές κρέμες- αφροί κλπ. (θειογλυκολίδες)	2. Κολλώδη χημικά σκευάσματα - Ψυχρό κερί - Ζεστό κερί - Χαλάουα		

10.2. Βιολογική ή χημική ή ενζυμική αποτρίχωση

Η αποτρίχωση που γίνεται με την είσοδο κατάλληλων ενζύμων σε πρόσφατα αποτριχωμένους τριχικούς θύλακες, είναι γνωστή ως βιολογική αποτρίχωση.

Τα ένζυμα που χρησιμοποιούνται στην ενζυμική αποτρίχωση, ανήκουν στην κατηγορία των πρωτεολυτικών ενζύμων, καθώς καταλύουν τη διάσπαση του πεπτιδικού δεσμού και είναι η θρυψίνη, η χυμοθρυψίνη και η παπαΐνη.

- Η θρυψίνη παράγεται υπό τη μορφή προενζύμου από τα κύτταρα της εξωκρινούς μοίρας του παγκρέατος και δρα σε πεπτιδικούς δεσμούς όπου συμμετέχουν τα αμινοξέα λυσίνη και αργινίνη.

- Η χυμοθρυψίνη παράγεται σαν προένζυμο από το πάγκρεας και δρα σε πεπτιδικούς δεσμούς όπου συμμετέχουν υδρόφοβα αμινοξέα όπως η λευκίνη, η τυροσίνη και η φαινυλαλανίνη.

- Η παπαΐνη είναι μια φυσική πρωτεάση που βρίσκεται στον χυμό των φρούτων της *Corica papaya*.

Η μέθοδος διακρίνεται στα παρακάτω στάδια:

Στο **πρώτο στάδιο** εφαρμόζεται η μέθοδος της αποτρίχωσης, με τη χρήση ενός κεριού θερμού τύπου. Αρχικά απομακρύνεται το μακιγιάζ και καθαρίζεται το δέρμα από το σμήγμα, ιδρώτα κλπ. Στη συνέχεια εφαρμόζεται το κερί.

Τα κεριά θερμού τύπου είναι αποτριχωτικά προϊόντα που σε συνθήκες περιβάλλοντος βρίσκονται σε στερεή μορφή. Χαρακτηρίζονται από υψηλό βαθμό συγκόλλησης στη δομή της τρίχας, ενώ προσκολλώνται ελάχιστα στην επιφάνεια του δέρματος κατά την εφαρμογή τους. Ακόμη, η διείδυσή τους στους δερματικούς πόρους και στις μικρές εγκοπές της επιδερμίδας, είναι μηδαμινή.

Η σύνθεσή τους βασίζεται στο κερί μέλισσας και στο κολοφώνιο. Η προσθήκη παραφίνης, βαζελίνης ή λανολίνης, προσθέτει στο αποτριχωτικό σκεύασμα ευλυγισία, η οποία είναι απαραίτητη κατά την εφαρμογή του στο δέρμα. Έχει αναφερθεί και προσθήκη ελάχιστης ποσότητας βενζοκαΐνης με αναισθητική δράση, η οποία ωστόσο αμφισβητείται.

Τα κεριά θερμού τύπου χαρακτηρίζονται συνήθως από δυνατή, μάλλον δυσάρεστη μυρωδιά, η οποία οφείλεται στην παρουσία του κολοφωνίου. Το κολοφώνιο είναι φυσικό παράγωγο που λαμβάνεται από την τρεμεντίνη (ρητίνη πεύκου), με καθαρισμό και απόσταξη. Το είδος του πεύκου και η ποιότητα της ρητίνης, καθορίζουν την ποιότητά του. Έχει σημείο τήξης στους 85°-90° C ενώ μαλακώνει στους 70°-75° C. Προστίθεται σε αναλογία 45-55% και χαρακτηρίζεται από την ιδιότητά του να προσκολλάται στην κερατίνη των τριχών.

Το κερί μέλισσας προστίθεται σε αναλογία 20-25%, έχει σημείο τήξης στους 60°-66° C και συντελεί στην ευλυγισία του προϊόντος.

Η προσθήκη άλλων συστατικών, όπως άρωμα και ίσως καμφορά, προσδίδει αίσθηση δροσιάς.

Τα προϊόντα αυτά μπορούν να παρασκευασθούν από τον αισθητικό, συνήθως όμως διατίθενται έτοιμα στο εμπόριο, με μορφή ορθογώνιων ή στρογγυλών πλακών, που ποικίλουν σε μέγεθος και βάρος. Σ' αυτή την κατάσταση το κερί είναι εύθραυστο και μπορεί εύκολα να χωρισθεί στις επιθυμητές ποσότητες.

Προκειμένου όμως να χρησιμοποιηθούν τα κεριά θερμού τύπου, θερμαίνονται σε χαμηλή θερμοκρασία, μέχρις ότου γίνουν παχύρρευστα.

Η θέρμανσή τους γίνεται με τη χρήση ειδικών ηλεκτρικών συσκευών, που παρέχουν δυνατότητα θέρμανσης χωρίς να τα καταστρέφουν.

Οι συσκευές αυτές ονομάζονται κάδοι θερμού κεριού ή κεριέρες και διαθέτουν ειδικό κάδο όπου τοποθετείται το προς θέρμανση υλικό. Περιλαμβάνουν ακόμη ειδικό φίλτρο (σουρωτήρι), απαραίτητο για την απαλλαγή του κεριού από τις τρίχες που προσκολλούνται στη μάζα του, κατά τη διάρκεια της αποτρίχωσης. Διαθέτουν θερμοστάτη, χρήσιμο τόσο για τη ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας, όσο και για τη διατήρησή της σε σταθερά επίπεδα.

Η σταθερή θερμοκρασία είναι απαραίτητη προκειμένου να παραμείνει το κερί, καθ' όλη τη διάρκεια της αποτρίχωσης, σε ρευστή κατάσταση. Ακόμη αποκλείει τον κίνδυνο ανάπτυξης πολύ υψηλών θερμοκρασιών, που μπορεί να αναπτυχθούν με τη χρήση άλλων μέσων θέρμανσης.

Άλλωστε, οι υψηλές θερμοκρασίες μειώνουν ή καταστρέφουν εντελώς τις κολλητικές ιδιότητες του κεριού και επομένως το καταστρέφουν.

Στο εμπόριο διατίθενται συσκευές με δύο κάδους, έναν για τη θέρμανση του καθαρού κεριού και έναν για την τοποθέτηση του χρησιμοποιημένου. Στον δεύτερο κάδο τοποθετείται και το φίλτρο, ώστε παράλληλα με τη θέρμανσή του, να καθαρίζεται το υλικό από τις τρίχες και να γίνεται δυνατή η χρησιμοποίησή του στη συνέχεια. Οι συσκευές αυτές συνήθως διαθέτουν θερμοστάτη σε κάθε κάδο, ώστε να είναι δυνατή η ρύθμιση της θερμοκρασίας κατά περίπτωση. Στο δοχείο που χρησιμοποιείται για το λιώσιμο του κεριού, απαιτείται υψηλότερη θερμοκρασία από το αντίστοιχο δοχείο, στο οποίο τοποθετείται το κεριό που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια, και που χρειάζεται σαφώς χαμηλότερη θερμοκρασία για να είναι ανεκτό από το δέρμα, όπου θα εφαρμοστεί αμέσως μετά.

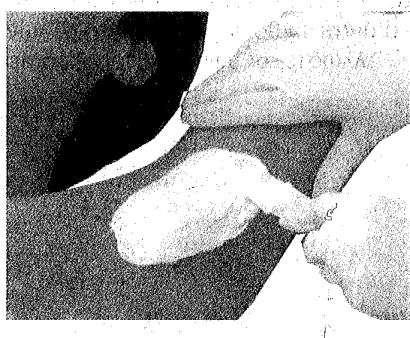
Η αποτρίχωση μικρών περιοχών, όπως το πρόσωπο, οι μασχάλες, η περιοχή του μπικίνι κλπ., εξυπηρετείται με τη χρήση συσκευών μικρότερης χωρητικότητας.

Κατά την διαδικασία εφαρμογής των κεριών θερμού τύπου, το άτομο τοποθετείται σε μια άνετη θέση και αφαιρούνται τα ρούχα του από την περιοχή που θα αποτριχωθεί.

Η περιοχή αυτή καθαρίζεται προσεκτικά με τη χρήση αντισηπτικού προϊόντος που απομακρύνει λίπη, βακτηρίδια και ιδρώτα και προετοιμάζεται για την τοποθέτηση του κεριού, του οποίου η θερμοκρασία ελέγχεται πριν από την εφαρμογή του. Ο έλεγχος γίνεται από τον αισθητικό, συνήθως με την επίθεση μιας μικρής ποσότητας κεριού στην εσωτερική πλευρά του καρπού του.

Μετά από τη θέρμανσή του, το κεριό είναι παχύρρευστο και απλώνεται εύκολα με τη βοήθεια μιας ξύλινης σπάτουλας. Η σπάτουλα δεν πρέπει να είναι μεταλλική για την αποφυγή εγκαύματος.

Το κεριό απλώνεται προς τη διεύθυνση των τριχών και με φορά από τη ρίζα προς την κορυφή του στελέχους. Το μήκος του στελέχους των τριχών πρέπει να είναι τέτοιο, που να είναι δυνατός ο εγκλωβισμός τους από το υλικό. Κατά τη διαδικασία της εφαρμογής του κεριού, εξαιτίας της ρευστής του κατάστασης απαιτείται προσοχή, ώστε να μην απλωθεί σε περιοχές όπου αυτό δεν είναι επιθυμητό.



Αποτρίχωση με την εφαρμογή αποτριχωτικού κεριού, θερμού τύπου (μασχάλη)

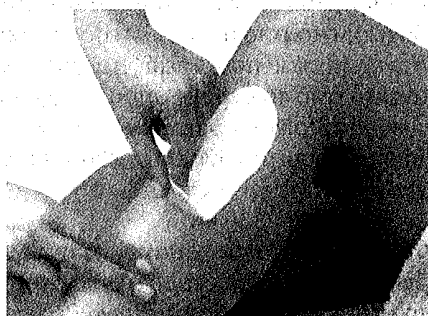
Σε μερικές περιπτώσεις, κατά την αποτρίχωση το δέρμα καλύπτεται από ιδρώτα, όπως για παράδειγμα συμβαίνει συνήθως στις μασχάλες. Σε τέτοιες καταστάσεις, η λύση δίνεται με την χρησιμοποίηση ταλκ που μπορεί να απορροφή

τον ιδρώτα, με αποτέλεσμα να μην παρεμποδίζεται η εφαρμογή του κεριού στην περιοχή.

Αν το πάχος του δεν είναι ικανοποιητικό, απλώνεται ένα δεύτερο στρώμα κεριού επάνω στο πρώτο, ώστε να διευκολύνεται η απομάκρυνσή του από το δέρμα.

Το κεριό μετά από την επάλειψή του, σύντομα κρύνει και στερεοποιείται. Τότε αποκολλάται με απότομο τράβηγμα κατά τη διεύθυνση των τριχών και φορά αντίθετη από εκείνη της έκφυσής τους.

Το δέρμα της περιοχής πρέπει να παραμένει ακίνητο κατά το τράβηγμα, όσο αυτό είναι δυνατό, προκειμένου να αποφευχθεί τλαιπωρία και πρόσθετος πόνος. Ο αισθητικός μπορεί να σταθεροποιήσει το δέρμα με το ελεύθερο χέρι του, ώστε κατά το τράβηγμα να παραμείνει ακίνητο. Με τον χειρισμό αυτό, επιτυγχάνεται μείωση του πόνου, που μπορεί να αποδειχθεί εξαιρετικά σημαντική.



Αποτρίχωση με την εφαρμογή αποτριχωτικού κεριού, θερμού τύπου (πόδια)

Ακόμη ο πόνος, που ενδεχομένως συνοδεύει την απόσπαση των τριχών από τον θύλακά τους, μειώνεται σταδιακά με τη συνεχόμενη επανάληψη των μεθόδων αποτρίχωσης σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Σε περίπτωση που η αποτρίχωση δεν αποδώσει τα αναμενόμενα αποτελέσματα με την πρώτη εφαρμογή του κεριού στην περιοχή, αυτή επαναλαμβάνεται τοπικά. Η επανάληψη για τρίτη φορά ή και περισσότερες, αυξάνει τις πιθανότητες ερεθισμού του δέρματος και για τον λόγο αυτό πρέπει να αποφεύγεται.

Στο τέλος της διαδικασίας και μετά την αφαίρεση των τριχών, τα τυχόν υπολείμματα του θερμού κεριού στο δέρμα, αφαιρούνται με τη χρήση ειδικών προϊόντων σε μορφή λαδιού, ενώ συνιστάται η χρήση προϊόντος με καταπραϋντικές ιδιότητες στην αποτριχωμένη περιοχή. Επίσης σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ακολουθεί έκθεση στον ήλιο, καλό είναι να προστατεύεται το δέρμα και με τη χρήση αντηλιακού. Όσον αφορά τις κεριές, προκειμένου να καθαριστούν, θερμαίνονται ώστε να ρευστοποιηθούν τα κεριά που περιέχουν και στη συνέχεια απομακρύνονται. Ο καθαρισμός μπορεί να ολοκληρωθεί με τη χρήση οινόπνευματος και την απομάκρυνση των υπολειμμάτων του κεριού.

Τα κεριά που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των τριχών στην περιοχή του προσώπου, οφείλουν να είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά. Η επανάληψη της αποτριχωτικής διαδικασίας για δεύτερη ή ακόμη για τρίτη φορά στο ίδιο σημείο δεν ενδείκνυται γενικότερα, καθώς αυξάνεται ο ερεθισμός που έχει ήδη προκληθεί από την αρχική εφαρμογή της μεθόδου.

Όταν η αποτρίχωση αφορά το πρόσωπο, περιοχή ιδιαίτερα ευαίσθητη, η επανάληψη δεν επιτρέπεται. Η χρησιμοποίηση κεριών που έχουν παρασκευαστεί από υλικά που τους εξασφαλίζουν υψηλή ποιότητα, είναι η μόνη ενδεδειγμένη επιλογή σ' αυτή την περίπτωση.

Η αποτρίχωση γίνεται σταδιακά, σε μικρά τμήματα, ώστε να είναι δυνατή η εκμετάλλευση της ιδιότητας των θερμών κεριών, να λειτουργούν σαν ζεστά επιθέματα, στην περιοχή που εφαρμόζονται.

Στην πρόσφατα αποτριχωμένη περιοχή, οι πιθανότητες διείδυσης των ενζύμων που έπονται, αυξάνονται, καθώς οι τριχικοί θύλακες αποτελούν το κανάλι μεταφοράς των προϊόντων αυτών από έξω προς τα μέσα.

Στο **δεύτερο στάδιο** γίνεται η εφαρμογή του ενζύμου με απλή επίθεση του στο δέρμα ή με τη χρήση γαλβανικού ρεύματος μέσα από τη διαδικασία της ιοντοφόρησης. Οι συνθήκες της ιοντοφόρησης καθορίζονται σε κάθε περίπτωση, από τον εκάστοτε επιλεγθέν προϊόν. Το προϊόν αυτό στοχεύει στον εκφυλισμό του τριχικού θύλακα, με αποτέλεσμα την σταδιακή εξαφάνιση των ανεπιθύμητων τριχών.

Ιοντοφόρηση λέγεται η εισαγωγή στους ιστούς ιόντων με την βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος. Απαραίτητη είναι η ύπαρξη πηγής γαλβανικού ρεύματος, δηλαδή ρεύματος συνεχούς φοράς και με ρυθμιζόμενη ένταση. Η ιοντοφόρηση στηρίζεται, αφενός στην ιδιότητα των ιόντων, που βρίσκονται σε ηλεκτρικό πεδίο, να πορεύονται προς τους ετερόνυμους πόλους της ηλεκτρικής πηγής, αφετέρου στην ιδιότητα του νερού να πορεύεται προς τον αρνητικό πόλο της ηλεκτρικής πηγής, λόγω του φαινομένου της ηλεκτροενδοσμούσεως. Κατά την τοποθέτηση του θετικού πόλου μιας ηλεκτρικής πηγής το νερό, που βρίσκεται σε επαφή με το δέρμα, αποκτά πολικότητα (φορτίζεται θετικά), απωθείται από το θετικό πόλο της πηγής και εισέρχεται στο δέρμα οδεύοντας προς τον αρνητικό πόλο της ηλεκτρικής πηγής, που έχει τοποθετηθεί σε αντίθετη θέση. Όταν τα μόρια του νερού εισχωρήσουν στο δέρμα, παρασύρουν μαζί τους και ιόντα ή μόρια της ουσίας που είχαν διαλυθεί στο νερό. Ο τελευταίος αυτός τρόπος είναι ο κυρίως τρόπος εισαγωγής θεραπευτικών ουσιών στον οργανισμό, ενώ δευτερευόντως εισέρχονται και τα κατιόντα, τα οποία υπάρχουν στο διάλυμα.

Η ποσότητα των υγρών που μπορούν να μεταφερθούν με την ηλεκτροενδόσμωση εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος, από την διηλεκτρική σταθερά του διαλυτού και το ιξώδες του διαλύματος, από την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα του διαλύματος και από το μέγεθος της διαφοράς δυναμικού μεταξύ ακίνητων και κινητών τμημάτων της ηλεκτρικής διπλοστιβάδας.

Σπουδαίο ρόλο στην ιοντοφόρηση παίζουν τα εξαρτήματα του δέρματος, δηλαδή οι θύλακες των τριχών και οι ιδρωτοποιοί και σμηγματογόνοι αδένες, που το εσωτερικό τους τοίχωμα φορτίζεται αρνητικά σε σχέση με τα μόρια του νερού, που ακουμπούν στα εσωτερικά τοιχώματα των εξαρτημάτων του δέρματος.

Κατά την πρακτική εφαρμογή της ιοντοφόρησης υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας εγκαυμάτων, λόγω του έντονου αλκαλικού περιβάλλοντος που σχηματίζεται στην κάθοδο. Τοπικώς στην θέση επαφής του αρνητικού πόλου παρατηρείται διέγερση των αισθητικών νεύρων, διαστολή των αγγείων με αύξηση της αιμάτωσης, μαλθακότητα και καταστροφή ιστών, καθώς και γαλακτωματοποίηση και απομάκρυνση λιπών.

Στην θέση επαφής του θετικού πόλου παρατηρείται καταπράυνση των αισθητικών νεύρων, συστολή αγγείων με ελάττωση της αιμάτωσης, καθώς και μικροβιοκτόνος δράση.

Τα χημικά προϊόντα που περιλαμβάνονται στο σετ της βιολογικής αποτρίχωσης, ανάλογα με την εταιρία που τα παρασκευάζει, μπορεί να διατίθενται στην αγορά σε μορφή αμπούλας ή λοσιόν ή κρέμας· σε μερικές περιπτώσεις και συνδυασμένες οι παραπάνω μορφές, σε μια συσκευασία.

Τη διεϊσδυση του ενζυμικού προϊόντος, ακολουθεί επάλειψη της αποτριχωμένης περιοχής με σκευάσματα τα οποία συνήθως περιέχουν υπεροξειδίο του υδρογόνου, που έχει απολυμαντική δράση, ουρία που δρα ως κερατολυτικό και βιταμίνες Α και Ε, που επιδρούν θετικά όσον αφορά τον μεταβολισμό των επιθηλιακών κυττάρων.

Στη συνέχεια, το άτομο που δέχεται την περιποίηση, εφοδιάζεται με κάποιο προϊόν για το σπίτι, που συμπληρώνει τη μέθοδο και που συνήθως διατίθεται σε μορφή κρέμας. Η καθημερινή εφαρμογή της στις περιοχές που αποτριχώθηκαν, βοηθάει στο σταδιακό εκφυλισμό των τριχικών θυλάκων τοπικά, παρέχοντας το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Τα προϊόντα που διατίθενται για τέτοιου είδους περιποιήσεις, κυκλοφορούν σε πολλές παραλλαγές, ανάλογα με την παρασκευάστρια εταιρία.

Η μέθοδος της βιολογικής αποτρίχωσης στο παρελθόν συχνά διαφημίστηκε σαν μέθοδος ριζικής αποτρίχωσης, προσπαθώντας να παρουσιάσει τα αποτελέσματά της, εφάμιλλα εκείνων της ριζικής αποτρίχωσης, με τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος.

Σήμερα, η μέθοδος αυτή κατατάσσεται στις μεθόδους αποτρίχωσης μεγάλης χρονικής διάρκειας, ενώ η διαφορά της από τη χρησιμοποίηση των άλλων υλικών αποτρίχωσης μεγάλης, επίσης, χρονικής διάρκειας, έγκειται στο γεγονός ότι ο απαιτούμενος χρόνος για τον τελικό εκφυλισμό των τριχών, είναι αρκετά μικρότερος.

Έτσι, αν πρέπει να επιλεγεί μια μέθοδος αποτρίχωσης, ιδιαίτερα για την περιοχή του προσώπου, διαφορετική από εκείνη της ηλεκτρικής αποτρίχωσης με βελόνα, τότε προτείνεται η βιολογική ή χημική, όπως αλλιώς ονομάζεται, η ενζυμική αποτρίχωση.

10.3. Δράση των ενζύμων στην ενζυμική αποτρίχωση

Τα ένζυμα δρουν μέσω της εκλεκτικής καταστροφής των αναγεννητικών κυττάρων της τρίχας. Η δράση τους αφορά την πρωτεόλυση των κυτταρικών πρωτεϊνών, οι οποίες είναι απαραίτητες στην αύξηση, τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων αλλά και στη διατήρησή τους στη ζωή. Ακόμη είναι πιθανή η καταστροφή και άλλων ουσιών πρωτεϊνικής φύσης που διαδραματίζουν κάποιο ρόλο στη σύνδεση των κυττάρων μεταξύ τους καθώς και με τον τριχικό θύλακα.

Η δράση των ενζύμων εξαρτάται από:

- τη φύση και την ποσότητα των πρωτεϊνών που υφίσταται πρωτεόλυση, και
- τη συγκέντρωση των ενζύμων στον ιστό-στόχο.

Η ιοντοφόρηση των ενζύμων αυτών πρέπει να γίνει 4 φορές για να διαπιστωθεί εάν υπάρχει κάποιο αποτέλεσμα. Σε αρνητική περίπτωση το τρίχωμα παραμένει το ίδιο. Στο χνοώδες τρίχωμα η ιοντοφόρηση έχει αμέσως αποτέλεσμα. Σε περίπτωση μη απομάκρυνσης των τελογενών τριχών, θα παρατηρηθεί η μετατροπή τους σε χνοώδες τρίχωμα. Η ιοντοφόρηση εφαρμόζεται 4 λεπτά σε ένταση 2 mA (2 λεπτά για κάθε ένζυμο).

Τα αποτελέσματα όμως εξαρτώνται και από το αίτιο που προκαλεί την υπερτρίχωση, εάν υπάρχει ή όχι ορμονικό πρόβλημα ή εάν το τρίχωμα έχει πειραχθεί ή όχι.

10.4. Συνδυασμός μεθόδων αποτρίχωσης

Η μέθοδος της ενζυμικής αποτρίχωσης μπορεί να συνδυαστεί με θερμόλυση, ηλεκτρόλυση, blend και Laser με άριστα αποτελέσματα. Στην περίπτωση του Laser η ενζυμική χρησιμοποιείται μόλις έχουμε πτώση των τριχών, για να μπορέσουμε να έχουμε εισχώρηση των ενζύμων.

Ανάλογα με τον τύπο του Laser σε αντίστοιχες ημέρες έχουμε την πτώση των τριχών. Στην ηλεκτρική αποτρίχωση με βελόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως μετά, αφού βέβαια το δέρμα δεν έχει παρουσιάσει ερεθισμό από τη χρήση της βελόνας και τον τρόπο επιλογής του ρεύματος.

10.5. Ενδείξεις για την εφαρμογή της μεθόδου

- Οι τρίχες επανεμφανίζονται αρχικά στις 20 περίπου ημέρες, αλλά, όσο θα επαναλαμβάνονται οι εφαρμογές, η τριχοφυΐα θα αποδυναμώνει και θα μειώνεται σημαντικά (αντίθετα με την απλή εφαρμογή κεριού, που ίσως και να αυξήσει την τριχοφυΐα).
- Δεν είναι τόσο ακριβή σε σχέση με τις μεθόδους μόνιμης αποτρίχωσης.
- Ο ερεθισμός που προκαλείται είναι προσωρινός.
- Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων τριχών και τη σταδιακή μείωση του τριχώματος με καλύτερα αποτελέσματα στο χνοώδες.

Είναι μια καλή λύση για περιοχές με λεπτό τρίχωμα, στο πρόσωπο, την κοιλιά, την οσφυϊκή χώρα και τα χέρια. Ωστόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλο το σώμα αφού εξασθενεί τις τρίχες.

- Οι τρίχες στις ορμονοεξαρτώμενες περιοχές (π.χ. πρόσωπο, λαιμός, στήθος, μέση, κοιλιά και λιγότερο στα χέρια) μπορούν να απομακρυνθούν χωρίς να επιδεινωθεί η τριχοφυΐα με ενζυμική αποτρίχωση. Έτσι η τρίχα αργεί να επανεμφανιστεί, και η θυλακίτιδα είναι λιγότερη.

10.6. Αντενδείξεις για την εφαρμογή της μεθόδου

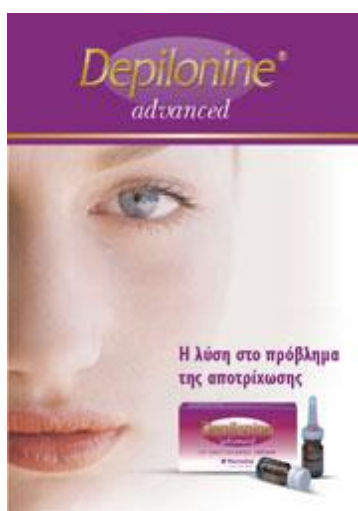
- Είναι επώδυνη στην πρώτη φάση της (όπου οι τρίχες αφαιρούνται με το κεριό), ειδικά στο άνω χείλος.
- Δεν έχει τόσο μεγάλα διαστήματα απαλλαγής από την τριχοφυΐα, όπως οι μέθοδοι μόνιμης αποτρίχωσης.
- Δεν επιτυγχάνει (τουλάχιστον στην έντονη τριχοφυΐα) οριστική εξάλειψη των τριχών.
- Μετά την εφαρμογή της, θα πρέπει να απλώνετε μία ειδική καταπραϊντική και ενυδατική κρέμα ή μία ήπια αντισηπτική-αντιφλεγμονώδης κρέμα.
- Το δέρμα των ηλικιωμένων μπορεί να είναι λεπτό και ευαίσθητο. Η αποτρίχωση αντενδείκνυται σε άτομα με σακχαρώδη διαβήτη εκτός αν υπάρξει σύμφωνη γνώμη ιατρού. Το δέρμα των διαβητικών χάνει την υγρασία και ξηραίνεται πολύ γρήγορα. Έχει μικρή αναγεννητική ικανότητα και αυτό ιάται δύσκολα. Σαν συνέπεια η αποτρίχωση με κεριό δεν συνιστάται επειδή μπορεί να επιδεινώσει την κατάσταση του δέρματος.
- Το κεριό θερμού τύπου όταν εφαρμόζεται στο δέρμα, έχει υψηλή θερμοκρασία και επομένως λειτουργεί σα ζεστό επίθεμα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο πρέπει να αποφεύγεται η χρησιμοποίησή του σε όλες εκείνες τις περιπτώσεις που απαγορεύονται τα ζεστά επιθέματα και συνήθως αφορούν ευρυαγγείες, φλεβίτιδες, κισσούς και γενικότερα κυκλοφορικά προβλήματα των κάτω άκρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΠΟΤΡΙΧΩΣΗΣ**

11.1. Διάφορες μορφές χημικών προϊόντων της βιολογικής αποτρίχωσης

11.1.1. Προϊόντα της εταιρίας DEPILONINE

Depilone Advanced



Η νέα προηγμένη μορφή του γνωστού DEPILONINE® Advanced για την εμμένουσα τριχοφυΐα. Σε περιπτώσεις ισχυρής τριχοφυΐας, το DEPILONINE® Advanced εγγυάται αποτελέσματα και άμεση λύση.

Τρόπος χρήσης Advanced

Η εφαρμογή του DEPILONINE® ADVANCED στη μωβ συσκευασία που περιέχει ένζυμα υψηλής συγκέντρωσης δηλαδή DEPILONINE A - DEPILONINE B. Σε μόλις αποτριχωμένο δέρμα με βελόνα ή κερί επαλείφουμε το διάλυμα DEPILONINE A, ιοντοφορούμε για δύο λεπτά στον αρνητικό πόλο και στην συνέχεια με τον ίδιο τρόπο εφαρμόζουμε το διάλυμα του DEPILONINE B.

Τρόπος διάλυσης ενζύμων

Πιέζοντας το πάμα, αναμειγνύεται η σκόνη με το διάλυμα. Ανακινούμε ελαφρώς ώστε να διαλυθεί η σκόνη. Αφαιρούμε το πλαστικό πάμα και τοποθετούμε το αποστειρωμένο σταγονόμετρο το οποίο περιέχεται μέσα στην συσκευασία.

Αποθήκευση

Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην φύλαξη του DEPILONINE®. Μετά την διάλυση των ενζύμων η διάρκεια ζωής του προϊόντος είναι δίμηνη. Έτσι λοιπόν, μετά την διάλυση και για μια εβδομάδα το προϊόν φυλάσσεται στο ψυγείο ενώ για τις επόμενες επτά εβδομάδες πρέπει να διατηρηθεί στην κατάψυξη.

Παρενέργειες

Δεν θα πρέπει να παραλείψουμε ότι ύστερα από μελέτες προέκυψε ότι η χρήση του προϊόντος DEPILONINE® είναι εξαιρετικά ασφαλής χωρίς να δημιουργεί

κανενός είδους παρενέργειες ή επιπλοκές, ή αλλεργίες που να οφείλεται στη δράση του προϊόντος.

DEPILONINE ALPHA PLUS



Η εταιρεία κατόπιν ερευνών στα εργαστήριά της και με το **Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών** ανέπτυξε το DEPILONINE® ALPHA PLUS. Η δράση του **Depilone® alpha plus** στηρίζεται σε πρωτεολυτική δράση ενζύμου, τα οποία εισχωρούν με τη μορφή μικρογαλακτωμάτων.

Το **Depilone® alpha plus** βασιζόμενο σε ένα πλέγμα το οποίο δρα ως μεταφορέας των πρωτεολυτικών ενζύμων στα αναγεννητικά κύτταρα προκαλεί ισάξια αποτελέσματα με το Depilone® Advanced. Έτσι λοιπόν, ο έχων το πρόβλημα της τριχοφυΐας μπορεί να κάνει χρήση των ιδιοτήτων του Depilone® alpha plus στο σπίτι μετά από οποιαδήποτε μορφή αποτρίκωσης χρησιμοποιηθεί στον αισθητικό. Δηλ. ριζική, βιολογική, χαλάουα, κεριά κ.τ.λ. Αποτελεί βασική προϋπόθεση να έχει προηγηθεί μια από τις παραπάνω μορφές αποτρίκωσης προκειμένου ο θύλακας της τρίχας να έχει απελευθερωθεί. Έτσι λοιπόν μπορεί να προμηθευτεί αποκλειστικά και μόνο από την αισθητικό το Depilone® alpha plus ενισχύοντας την θεραπεία με ένα εύχρηστο και αποτελεσματικό προϊόν.

Εφαρμογή

1. Αφαιρείται η τριχοφυΐα από τη ρίζα με κεριά ή βελόνα.
2. Μεταφέρουμε το περιεχόμενο του vial 2 (λευκό φιαλίδιο) στο vial 1 (καραμελέ φιαλίδιο) αναμιγνύουμε και ανακινούμε.
3. Εφαρμόζουμε στην πάσχουσα περιοχή με τριβή.

Σταθερότητα - Φύλαξη

Πριν την ανάμιξη το προϊόν διατηρείται μέχρι την ημερομηνία λήξης στο ψυγείο. Μετά την ανάμιξη η διάρκεια ζωής του προϊόντος είναι 3 μέρες εφόσον διατηρείται στην κατάψυξη.

Συσκευασία

Το φιαλίδιο 1 περιέχει τη σταγόνα με το δραστικό συστατικό. Το φιαλίδιο 2 περιέχει το διαλύτη με τον οποίο θα αναμιχθεί το δραστικό συστατικό.

Παρενέργειες

Δεν έχουν παρατηρηθεί. Μετά την εφαρμογή του Depilonine® Alpha Plus, δεν συνίσταται καθαρισμός της περιοχής με νερό για τουλάχιστον 8 ώρες για την αποφυγή ερεθισμών και ερυθρότητας.

DEPILONINE BODY



Το εξελιγμένο σύστημα microemulsion εξασφαλίζει τα άριστα αποτελέσματα του προϊόντος σε περιοχές όπως πόδια, χέρια, πλάτη, κοιλιά όπου η σύσταση της τρίχας αλλά και η υφή του δέρματος είναι διαφορετική από αυτή των ευαίσθητων περιοχών, όπως πρόσωπο, μικίνι κλπ.

Εφαρμογή

1. Αφαιρείται η τριχοφυΐα από τη ρίζα με κερί.
2. Μεταφέρουμε το περιεχόμενο του vial 2 (λευκό φιαλίδιο) στο vial 1 (καραμελέ φιαλίδιο), αναμιγνύουμε και ανακινούμε.
3. Εφαρμόζουμε στην πάσχουσα περιοχή του σώματος έως ότου δημιουργηθεί επαρκές στρώμα για επάλειψη. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία 3 φορές την ημέρα για 3 συνεχείς ημέρες.

Σταθερότητα - Φύλαξη

Πριν την ανάμιξη το προϊόν διατηρείται μέχρι την ημερομηνία λήξης στο ψυγείο. Μετά την ανάμιξη η διάρκεια ζωής του προϊόντος είναι 3 μέρες εφόσον διατηρείται στην κατάψυξη.

Συσκευασία

Το φιαλίδιο 1 περιέχει τη σταγόνα με το δραστικό συστατικό. Το φιαλίδιο 2 περιέχει το διαλύτη με τον οποίο θα αναμιχθεί το δραστικό συστατικό.

Παρενέργειες

Δεν έχουν παρατηρηθεί. Μετά την εφαρμογή του Depilonine® Body, δεν συνίσταται καθαρισμός της περιοχής με νερό για τουλάχιστον 8 ώρες για την αποφυγή ερεθισμών και ερυθρότητας.

DEPILONINE CREAM



Η πρωτοπορία της DEPILONINE® CREAM βασίζεται στο "αντιμικροβιακό σύστημα προστασίας" που παρέχει στις επιδερμίδες.

Ο επιστημονικά μελετημένος συνδυασμός των αντιμικροβιακών ουσιών και βιταμινών Α και Ε δημιουργούν μια ασπίδα προστασίας επαναφέροντας τη φυσική άμυνα της επιδερμίδας έναντι των ατμοσφαιρικών και λοιπών μολύνσεων σε επιδερμίδες όπου το σύστημα αυτό έχει αδρανοποιηθεί μετά από επεξεργασία όπως κερί ή βελόνα.

11.1.2. Προϊόντα της εταιρίας GUINOT

Epil Confort



Ζελ περιποίησης για μετά την αποτρίχωση του σώματος, κατά της ανάπτυξης νέων τριχών.

Σύνθεση με διπλή αποτελεσματικότητα: συστατικά κατά την ανάπτυξη νέων τριχών και απαλύνει το δέρμα.

Απαραίτητο προϊόν σε δύσκολες περιπτώσεις αποτρίχωσης.

Περιέχει ενεργά συστατικά που καθυστερούν την ανάπτυξη της τρίχας και την καταστρέφουν από την βάση της.

Epil Confort Visage



Κρέμα κατά της ανάπτυξης των τριχών, ειδική σύνθεση για αποτρίχωση στο πρόσωπο.

Προϊόν 2 σε 1 που αποτρέπει την εκδήλωση των δυσάρεστων συνεπειών της αποτρίχωσης(κοκκινίλα, ερεθισμοί), ενώ καθυστερεί την ανάπτυξη της τρίχας. Απαλή υφή που απορροφάται άμεσα και δεν αφήνει ίχνη λιπαρότητας.

Deo Compact Epil Confort



Αποσμητικό σπρέι που καθυστερεί την ανάπτυξη της τριχοφυΐας και ρυθμίζει την εφίδρωση. Η σύνθεσή του περιορίζει την έκκριση του ιδρώτα, εξουδετερώνοντας τις δυσάρεστες οσμές. Περιέχει παπάγια, όπου αναστέλλει την αύξηση των τριχών και εκχύλισμα λεμονιού όπου ανοίγει το χρώμα της τρίχας. Καλμάρει και μειώνει το αίσθημα ερεθισμού, ενώ δεν περιέχει αλκοόλ.

11.1.3. Προϊόντα της εταιρίας YELLOW ROSE

After epil lotion



Ειδικό προϊόν (περιέχει το ένζυμο παπαΐνη και αιθέριο έλαιο) που ενισχύει τα αποτελέσματα της αποτρίχωσης επιβραδύνοντας την ανάπτυξη και επανεμφάνιση των τριχών.

Εφαρμόζεται με επάλειψη, με ιοντοφόρηση (-), με μαγνητικά πεδία κλπ.

11.2. Γαλάκτωμα με λεκιθίνη

Παρατίθεται μια μέθοδος αποτρίχωσης με γαλάκτωμα βασισμένο σε λεκιθίνη. Πρωτεολυτικά ένζυμα είναι διαλυτοποιημένα σε αυτό, καθώς και αλειφατικοί υδρογονάνθρακες, αλειφατικές αλκοόλες, ενώ περιέχει και ρυθμιστικό διάλυμα pH 7-9, ανάλογα με το pH βέλτιστης δράσης του ενζύμου.

Η χρήση μικρογαλακτώματος χρησιμοποιείται ως μέσο για τη διάλυση των πρωτεολυτικών ενζυμικών συστημάτων, που βοηθούν τη διείσδυση των ενεργών μορίων μέσω των φωσφολιπιδικών μεμβρανών.

Χρησιμοποιείται παρασκεύασμα μικρογαλακτώματος με το ένζυμο α-χυμοθρυψίνη ή το ένζυμο θρυψίνη, για την αποτρίχωση κάθε τύπου δέρματος, καθώς και μια μέθοδος που χρησιμοποιεί τη διαδοχική εφαρμογή του παρασκευάσματος που περιέχει α-θυμοτρυψίνη, ακολουθούμενου από την εφαρμογή του παρασκευάσματος με θρυψίνη, ανάλογα με τον τύπο του δέρματος. Η εφαρμογή των παρασκευασμάτων γίνεται με απλή επάλειψη σε κατάλληλα διαστήματα.

11.2.1. Δράση μικρογαλακτώματος

Πειραματικές μελέτες έχουν δείξει ότι η δράση της α-χυμοθρυψίνης προκαλεί καταστροφή των αρχέγονων (εμβρυονικών) κυττάρων και των θυλακίων της τρίχας.

Παρόμοια θετικά αποτελέσματα έχει και η θρυψίνη με ηπιότερη, όμως, δράση.

11.2.2. Πορεία παρασκευής και εφαρμογής μικρογαλακτώματος

Έχει παρατηρηθεί ότι η διαδοχική εφαρμογή του παρασκευάσματος πρώτα με α-χυμοθρυψίνη και στη συνέχεια με θρυψίνη προκαλεί σημαντική αποικοδόμηση στα θυλάκια των τριχών και ότι η διαδοχική εφαρμογή του παρασκευάσματος πρώτα με α-χυμοθρυψίνη και στη συνέχεια με θρυψίνη έχει καλύτερα αποτελέσματα από τη

διαδοχική εφαρμογή του παρασκευάσματος με θρυψίνη και στη συνέχεια με α-χυμοθρυψίνη.

Έχει, ακόμα, παρατηρηθεί ότι η διαδοχική εφαρμογή των δυο αυτών παρασκευασμάτων παρουσιάζει καλύτερα αποτελέσματα από την εφαρμογή του ενός από τα δύο παρασκευάσματα. Επιπροσθέτως, έχει παρατηρηθεί ότι ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις των 0,05 mg/ml προκαλείται αποικοδόμηση του θυλακίου της τρίχας όταν χρησιμοποιείται σε ξηρές, ευαίσθητες περιοχές του δέρματος.

Σε υψηλές συγκεντρώσεις επιτυγχάνεται πολύ καλό αποτέλεσμα σε ξηρά - ευαίσθητα δέρματα, με έντονους, όμως, ερεθισμούς.

Σε τέτοιους τύπους δέρματος συνιστώνται παρασκευάσματα με χαμηλή συγκέντρωση ενζύμου. Επιπλέον, η χρήση μικρογαλακτώματος, ως φορέα για τη διαδερμική μεταφορά των ενεργών μακρομορίων, όπως είναι τα ένζυμα που αναφέρθηκαν, συνεισφέρει στη βελτίωση της μεθοδολογίας της ενζυμικής αποτρίχωσης, αφού η λεκιθίνη του μικρογαλακτώματος αλληλεπιδρά με τη φωσφολιπιδική μεμβράνη των επιθηλιακών κυττάρων, επιτρέποντας τη διείσδυση των ενζύμων εντός των κυττάρων. Η χρήση των πρωτεολυτικών ενζύμων α-χυμοθρυψίνη και θρυψίνη γίνεται σε απόλυτα καθαρή φάση. Τα ένζυμα αποθηκεύονται λυοφυλισμένα στην κατάψυξη (-18°C) για να διατηρούνται σταθερά και να αποφευχθεί η αποδιάταξη αυτών. Για την παραγωγή του παρασκευάσματος τα ένζυμα διαλυτοποιούνται σε διάλυμα υδροχλωρικού οξέος 0,001 M σε δις-απεσταγμένο νερό (pH=3), επιτυγχάνοντας συγκεντρώσεις από 1 μέχρι 5 mg/ml. Το παρασκεύασμα αυτό διατηρείται σε αποστειρωμένο περιβάλλον στην κατάψυξη (-18°C) και με τον τρόπο αυτό διατηρείται η ενζυμική δραστηριότητα αμετάβλητη για τουλάχιστον 8 μήνες.

Παράλληλα, τα μικρογαλακτώματα (με λεκιθίνη) παρασκευάζονται ως εξής: για κάθε ml τελικού διαλύματος, 0,75-1 ml αλειφατικού υδρογονάνθρακα αναμειγνύονται με 20-75 mg λεκιθίνης, 0-0,25 ml αλειφατικής αλκοόλης και 0,005-0,05 ml ρυθμιστικού διαλύματος pH 7-9.

Αναμειγνύοντας τα παραπάνω συστατικά, μετά από ήπια ανάδευση, προκύπτει το μικρογαλάκτωμα. Για λιπαρές περιοχές προτείνεται η εφαρμογή του μικρογαλακτώματος με την α-χυμοθρυψίνη και στη συνέχεια με θρυψίνη, ενώ σε ξηρές επιδερμίδες εκείνου που περιέχει θρυψίνη. Για μέσους τύπους δέρματος, προτείνεται η εφαρμογή του παρασκευάσματος που περιέχει θρυψίνη. Είναι στην κρίση του ειδικού να προτείνει τον τύπο και τη συγκέντρωση του μικρογαλακτώματος που θα χρησιμοποιηθεί, ανάλογα με τον τύπο του δέρματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

- 1) Γεωργάτσος, Σ.Γ. (2001), «*Εισαγωγή στη Βιοχημεία*», 5^η έκδοση, εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
- 2) Κανιτάκης, Κ. (1980), «*Δερματολογία – Αφροδισιολογία*», εκδόσεις Σάκκουλα, Θεσσαλονίκη.
- 3) Λεονταρίδου, Ι. (2004), «*Αποτρίχωση Ι*», Τμήμα Εκδόσεων Τ.Ε.Ι., Θεσσαλονίκη.
- 4) Λουκίδου, Μ. (2004), Σημειώσεις Βιοχημείας, Θεσσαλονίκη.
- 5) Πρωτόπαπα, Ε. (2004), «*Φυσιοπαθολογία και Θεραπευτική Διαταραχών της Τριχοφυΐας*», εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- 6) Χατζημπούγιας, Ι. (2003), «*Στοιχεία Ανατομικής του Ανθρώπου*», 3^η έκδοση, εκδόσεις Μανιατογιάννης Γ., Αθήνα.
- 7) Χατζής, Ι. (1994), «*Βασική Δερματολογία – Αφροδισιολογία*», Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα.

Ξένη

- 1) Alberts B., Bray D., Hopkin K., Johnson A., Lewis J., Raff M., Roberts K., and Walter P. (2006), «*Βασικές Αρχές Κυτταρικής Βιολογίας*», 2^η έκδοση, Μετάφραση Σταματόπουλος Κ., Ιατρικές Εκδόσεις Πασχαλίδης, Αθήνα.
- 2) Gerson, J. (2004), «*Αποτρίχωση. Εργαστηριακός Οδηγός*», Μετάφραση Χατήρης Γ., εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
- 3) Guybon A. (2001), «*Φυσιολογία του Ανθρώπου*», 5^η έκδοση, Μετάφραση Ευαγγέλου Α., Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας, Αθήνα.

Διαδίκτυο

- 1) Άρθρο με θέμα: «*Η δομή του δέρματος*» που ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.babor.gr στις 12-11-2009.
- 2) Σημειώσεις με θέμα: «*Ηλεκτρόλυση*» που ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα www.users.physics.uoc.gr στις 15-12-2009.
- 3) Άρθρο με θέμα: «*Καλλυντικά και Διαδερμική Απορρόφηση*», Ζαχαρίου Φ., το οποίο ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.dermaline.gr στις 18-12-2009.
- 4) Σημειώσεις με θέμα: «*Πέψη*» που ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα www.chem.uoa.gr στις 22-12-2009.
- 5) Άρθρο με θέμα: «*Λειτουργία παγκρέατος*» το οποίο ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.panacea.med.uoa.gr στις 22-12-2009.

- 6) Άρθρο με θέμα: «**Πληροφορίες τρόπου χρήσης αποτριχωτικών κεριών**» το οποίο ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.veet.gr στις 28-12-2009.
- 7) Καταχώρηση με τίτλο: «**Depilonine Advanced**» που ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.pharmathen.gr στις 3-01-2010.
- 8) Καταχώρηση με τίτλο: «**Depilonine Alpha Plus**» που ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.pharmathen.gr στις 3-01-2010.
- 9) Καταχώρηση με τίτλο: «**Depilonine Body**» που ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.pharmathen.gr στις 3-01-2010.
- 10) Καταχώρηση με τίτλο: «**Depilonine Cream**» που ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.pharmathen.gr στις 3-01-2010.
- 11) Καταχώρηση με τίτλο: «**Guinot**» που ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.cosmesis-sa.com στις 10-01-2010.
- 12) Καταχώρηση με τίτλο: «**Epilation products**» που ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.yellowrose.gr στις 19-01-2010.
- 13) Άρθρο με θέμα: «**Χημεία και δέρμα. Αποτρίχωση με ενζυμικές μεθόδους**», Κανατά Θ., το οποίο ανακτήθηκε από την ιστοσελίδα www.iatrikionline.gr στις 25-01-2010.
- 14) Σημειώσεις με θέμα: «**Αποτρίχωση**» που ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα www.sepae.gr στις 28-01-2010.
- 15) Σημειώσεις Δερματολογίας οι οποίες ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα www.dermatology-iek.pblogs.gr στις 3-02-2010.
- 16) Σημειώσεις με θέμα: «**Στρατηγικές Κατάλυσης – Στρατηγικές Ρύθμισης Ενζύμων**», οι οποίες ανακτήθηκαν από την ιστοσελίδα www.pharmacy.upatras.gr στις 10-2-2010.