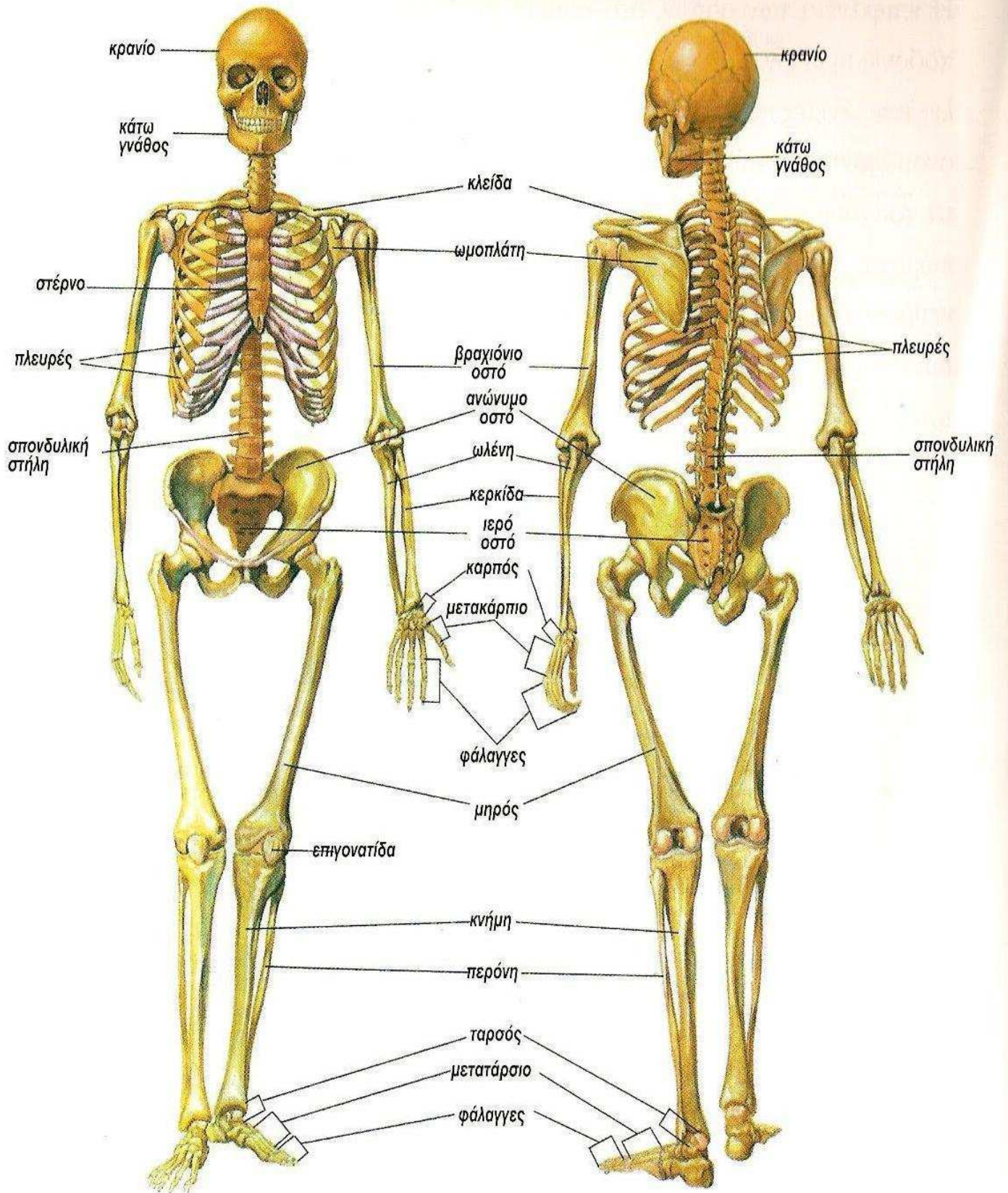


ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ:

ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΟΣΤΑ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



1.1 Οστεολογία

Οστεολογία ονομάζουμε τον ειδικό εκείνο κλάδο της ανατομίας που ασχολείται αποκλειστικά με την μελέτη των οστών.

1.2 Οστά: Οι ιδιότητες και η σύστασή τους

Τα οστά χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό στερεότητας και αντοχής, αλλά μικρό βαθμό ελαστικότητας. Η βασική τους λειτουργία είναι η στήριξη και η προστασία των διάφορων οργάνων (προστασία σπλάγχων και ζωτικών οργάνων που βρίσκονται εντός ειδικών κοιλοτήτων), παράλληλα όμως ο ρόλος τους είναι σημαντικός στο μεταβολισμό του ασβεστίου, του οποίου αποτελούν τη σπουδαιότερη αποθήκη καθώς και πηγή προμήθειας για τις ανάγκες του οργανισμού. Επιπλέον σε όλη τη διάρκεια της ζωής ανακατασκευάζονται, για να προσαρμοσθούν σε καινούργιες μηχανικές συνθήκες λειτουργίας που δημιουργούνται.

1.3 Μικροσκοπική κατασκευή οστών

Τα οστά αποτελούνται από οργανικό και ανόργανο μέρος. Το οργανικό μέρος είναι το 35% περίπου και το 65% είναι τα ανόργανα συστατικά.

Το οργανικό μέρος περιλαμβάνει:

- Τα κύτταρα του οστίτη ιστού.
- Τα κολλαγόνα ινίδια (πρωτεΐνες με μεγάλη περιεκτικότητα σε γλυκίνη, προζίνη, οξυπροζίνη).
- Τη θεμέλια ουσία (πρωτεΐνες: κυρίως πολυσακχαρίδες). Τα κολλαγόνα ινίδια και η θεμέλια ουσία συνιστούν τη μεσοκυττάρια ουσία του οστίτη ιστού.

Τα κύτταρα του οστίτη ιστού είναι οι οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα και οι οστεοκλάστες (σύμφωνα με κάποιους τα εξειδικευμένα κύτταρα του οστίτη ιστού θεωρούνται ότι είναι τεσσάρων τύπων: οι οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα, οι οστεοκλάστες και οι οστεοβλάστες επιφανείας). Το οστό συντίθεται από τους οστεοβλάστες, συντηρείται από τα οστεοκύτταρα και αποδομείται από τους οστεοκλάστες. Πρόκειται για μια σειρά κυττάρων συνδετικογενούς προελεύσεως και ιδιάζουσας δυναμικότητας.

Οι οστεοβλάστες αποτελούν τα οστεοπαραγωγικά κύτταρα που παράγουν τη μεσοκυττάρια ουσία. Η τελευταία μετά την οστεοποίησή της περικλείει τους οστεοβλάστες που μετατρέπονται στη φάση αυτή σε οστεοκύτταρα. Τα οστεοκύτταρα δημιουργούν αποφυάδες που φέρονται μέσα στα οστικά σωληνάκια και έτσι επικοινωνούν μεταξύ τους. Τα κύτταρα αυτά δεν αποτελούν ανενεργά στοιχεία του οστού, όπως πιστευόταν παλαιότερα, αλλά συμμετέχουν ενεργά στο μεταβολισμό και την ομοίωση του ασβεστίου.

Οι οστεοκλάστες είναι πολυπύρηνγα γιγαντοκύτταρα(με 2-60 πυρήνες) ειδικευμένα στην απορρόφηση οστίτη ιστού. Βρίσκονται σε θέσεις, όπου γίνεται αποδόμηση του οστίτη ιστού και ενεργοποιούνται ύστερα από δράση της παραθορμόνης.

Τα κολλαγόνα ινίδια παράγονται από τους οστεοβλάστες και έχουν διαφορετική σύνθεση από τα ινίδια άλλων ιστών, γεγονός που κάνει δυνατή την εναπόθεση σε αυτά αλάτων ασβεστίου.

Η μεσοκυττάρια ουσία του οστίτη ιστού αποτελείται από οργανική και ανόργανη φάση. Η οργανική φάση ή οστεοειδές αποτελείται από θεμέλια ουσία και κολλαγόνες ίνες οι οποίες σχηματίζουν δεσμίδες από οστέινη ουσία, ενώ η ανόργανη κυρίως από άλατα κυρίως ασβεστίου.

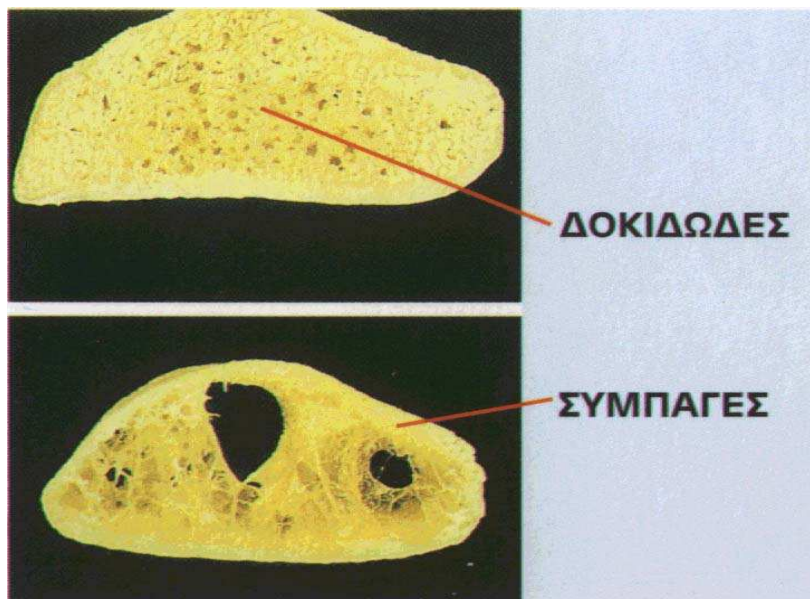
Τα ανόργανα συστατικά των οστών είναι κυρίως το φωσφορικό ασβέστιο (80-90%) που βρίσκεται με τη μορφή υπερμικροσκοπικών κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη, το ανθρακικό ασβέστιο (8-10%), το φθοριούχο και χλωριούχο ασβέστιο (0,5%), το φωσφορικό μαγνήσιο (1-2%) και τα αλκαλικά άλατα (2%). Τα συστατικά αυτά εμποτίζουν τη θεμέλια ουσία καθώς και τα κολλαγόνα ινίδια.

1.3.1. Μορφές οστίτη ιστού

Πριν προχωρήσουμε στην περιγραφή της μακροσκοπικής σύστασης των οστών είναι σημαντικό να δούμε αναλυτικά τις μορφές του οστίτη ιστού.

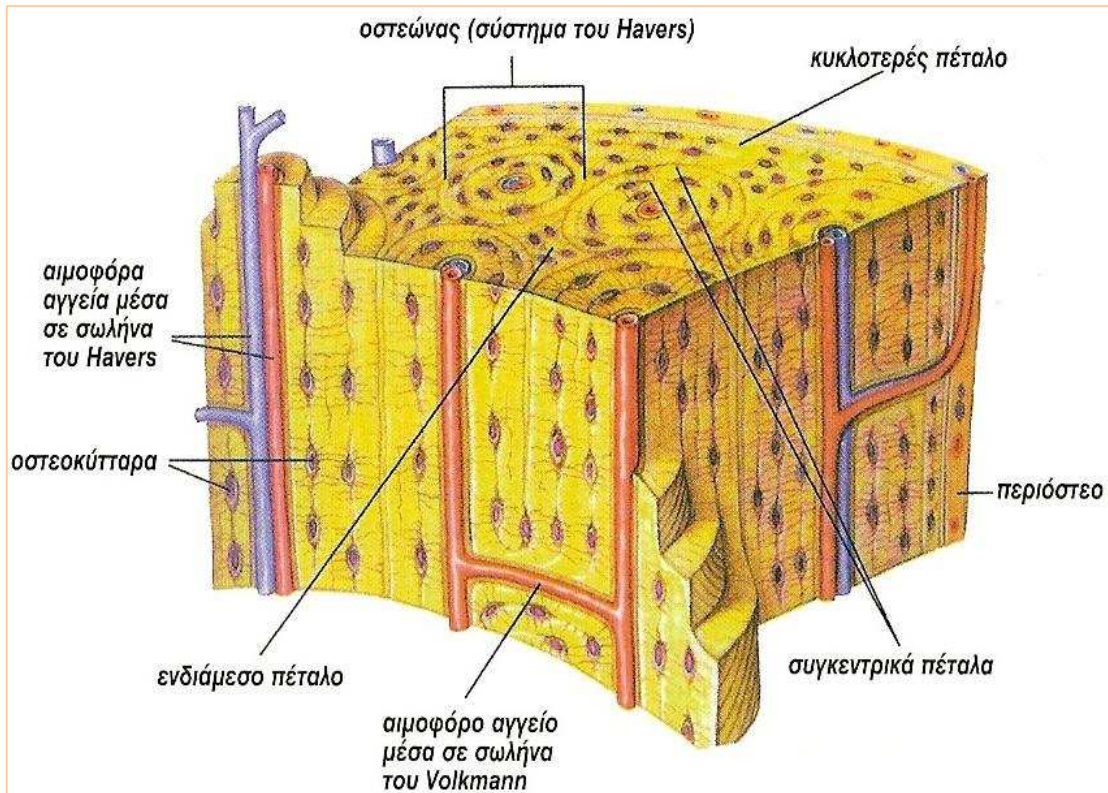
Ο οστίτης ιστός ανάλογα με τη θέση των κυττάρων και της βασικής του οστικής ουσίας εμφανίζει δύο διαφορετικές μορφές. Η μία είναι ο συμπαγής ή φλοιώδης οστίτης ιστός και η άλλη ο σπογγώδης ή δοκιδωτός οστίτης ιστός. Το 80% περίπου του σκελετού αποτελείται από φλοιώδη ιστό και το υπόλοιπο 20% από δοκιδωτό.

Στον συμπαγή οστίτη ιστό η βασική του ουσία είναι ιδιαίτερα πυκνή και οι οστικές του δοκίδες έχουν τέτοια στενή επαφή μεταξύ τους, ώστε να σχηματίζουν ένα οστό παχύ, ομοιογενές και στέρεο. Στα συμπαγή οστά, κύτταρα και βασική ουσία έχουν μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική διάταξη.



Ιστολογικά, ο συμπαγής ιστός αποτελείται από τα συστήματα του HAVERS(ή οστεώνες). Το σύστημα του HAVERS είναι ένας επιμήκης πόρος συνήθως παράλληλος προς τον επιμήκη άξονα του μακρού οστού, ο οποίος περιέχει ένα αρτηρίδιο και ένα φλεβίδιο. Ο πόρος του HAVERS αποτελεί τον άξονα γύρω από τον οποίο είναι διατεταγμένα κυκλοτερώς πεταλίδια ή λέπια οστίτη ιστού κατά τρόπο συμπαγή(χωρίς να αφήνουν κενά μεταξύ τους). Η κατασκευή αυτή θυμίζει την υφή του κρεμμυδιού. Ο λεπιδωτός συμπαγής οστίτης ιστός είναι ο κανονικός ή ώριμος ιστός.

Σε περίπτωση που ο οργανισμός “βιάζεται” να εναποθέσει νέο οστίτη ιστό (όπως π.χ. στον πόρο ενός κατάγματος ή στον πρωτοπαθή υπερπαραθυρεοειδισμό) ο νεοσχηματισμένος συμπαγής ιστός δεν έχει τη λεπιδωτή ώριμη υφή, αλλά παρουσιάζεται μάλλον άμορφος και είναι μηχανικά κατώτερος. Ο άμορφος οστίτης ιστός, όταν επικρατήσουν φυσιολογικές συνθήκες, θα αντικατασταθεί από λεπιδωτό ιστό.



Ο συμπαγής ιστός παρουσιάζει τριών ειδών επιφάνειες: την περιοστική, η οποία χωρίζει την εξωτερική επιφάνεια του οστού από τα όργανα που το περιβάλλουν και η οποία καλύπτεται από το περίοστεο. Την ενδοστική, που χωρίζει τον οστίτη ιστό από το περιεχόμενο του αυλού του μακρού οστού, το οποίο συνήθως αποτελείται περισσότερο από λίπος και λιγότερο από ερυθρό μυελό. Και τέλος, τις επιφάνειες των πόρων του HAVERS, οι οποίες βρίσκονται μέσα στο φλοιό του οστού.

Ο σπογγώδης οστίτης ιστός είναι λιγότερο πυκνός και επομένως πιο ελαφρύς. Δεν έχει σωλήνες του HAVERS. Οι οστικές δοκίδες είναι τοποθετημένες κατά τέτοιο τρόπο, ώστε μεταξύ τους σχηματίζονται κοιλότητες, στο εσωτερικό των οποίων υπάρχει ο ερυθρός μυελός, ο οποίος σχηματίζει τα ερυθρά αιμοσφαίρια του αίματος. Η μορφή του σπογγώδη οστίτη ιστού θυμίζει σπόγγο και από αυτό ακριβώς παίρνει και το όνομά του. Οι οστικές του δοκίδες έχουν μια συγκεκριμένη διάταξη, είναι δηλαδή προσανατολισμένες έτσι, ώστε να δέχονται το βάρος και τις μηχανικές πιέσεις κατά τον καλύτερο τρόπο και είναι διατεταγμένες προς διάφορες κατευθύνσεις ανάλογα με τις μηχανικές ανάγκες κάθε οστού.

1.4 Μακροσκοπική κατασκευή οστών

Μελετώντας την κατασκευή των οστών από έξω προς τα μέσα, διακρίνουμε τα εξής:

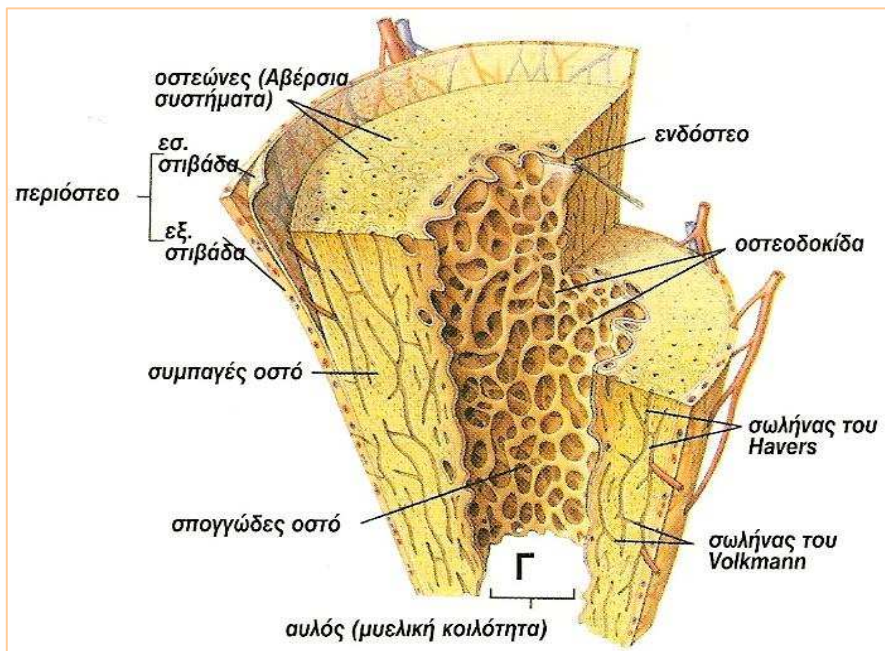
- A. το περίοστεο,
- B. την οστέινη ουσία(οι διάφορες μορφές οστίτη ιστού),
- Γ. τον μυελό των οστών,
- Δ. τα αγγεία, και
- E. τα νεύρα.

A. Το περίοστεο

Το περίοστεο είναι μία ινοελαστική μεμβράνη ή αλλιώς ένας υμένας, που περιβάλλει εξωτερικά ολόκληρο το οστό(διάφυση και επιφύσεις στα μακριά οστά), εκτός από τις αρθρικές χόνδρινες επιφάνειές του, από όπου λείπει. Δηλαδή, σταματά ακριβώς στο όριο από το οποίο αρχίζουν οι αρθρικές επιφάνειες. Είναι σε άμεση επαφή με το οστό και περιέχει πολλά αιμοφόρα αγγεία χορηγώντας στο οστό ένα μέρος από τα τροφοφόρα αγγεία του.

Στο μικροσκόπιο μοιάζει να σχηματίζεται από δύο στρώματα ή στιβάδες: Την έξω ή επιφανειακή (ινοελαστική) που περιέχει άφθονο ινώδη συνδετικό ιστό. Πάνω της προσφύονται οι μύες και οι τένοντες και επίσης φέρει τα αγγεία και τα νεύρα.

Την έσω, βαθύτερη (οστεογεννητική) στην οποία βρίσκονται οι οστεοβλάστες έτοιμοι να σχηματίσουν οστική ουσία (οστεογενετικό στρώμα του OLLIER).



B. Οστέινη ουσία

Η οστέινη ουσία αναφέρεται στις μορφές του οστίτη ιστού, το κομμάτι το οποίο αναπτύχθηκε προηγουμένως.

Γ. Μυελός των οστών

Στα επιμήκη οστά παρατηρείται επιμήκης κοιλότητα που καλείται μυελώδης αυλός και περιέχει τον μυελό του οστού. Μυελός των οστών συναντάται επίσης στις μυελοκυψέλες της σπογγώδους ουσίας των πλατέων και βραχέων οστών όπως και στις επιφύσεις των επιμήκων οστών. Είναι αιμοποιητικό όργανο το οποίο κατά την εμβρυική ζωή παράγει ερυθροκύτταρα. Στην εξωμήτριο ζωή παράγει ερυθροκύτταρα, αιμοπετάλια και κοκκώδη λευκοκύτταρα(ουδετερόφιλα, ηωσινόφιλα και βασεόφιλα).Ο μυελός των οστών ολόκληρου του σώματος έχει βάρος 1,5-3,5 κιλά. Σε ηλικία 20 ετών περίπου ο μυελός της διαφύσεως των επίμηκων οστών γίνεται ανενεργός, πλημμυρίζεται από λίπος και δεν μετέχει πλέον στην αιμοποίηση. Εξάιρεση αποτελούν η άνω μοίρα του βραχιονίου και του μηριαίου οστού. Επίσης, οι μυελοκυψέλες των σπονδύλων, του στέρνου, των πλευρών, των οστών της πυέλου, του κρανίου κ.τ.λ. όπου η αιμοποίηση λαμβάνει χώρα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής.

Γενικά, ο μυελός των οστών που επιτελεί την αιμοποίηση καλείται ερυθρός μυελός, ενώ ο ανενεργός καλείται ωχρός μυελός. Στο στέρνο και μάλιστα σε άτομα προχωρημένης ηλικίας, υπάρχει πάντα μυελός των οστών σε ενεργεία.

Δ. Τα αγγεία

Η αιμάτωση των οστών προέρχεται:

- Από την τροφοφόρο αρτηρία του κάθε οστού που διακλαδίζεται συνήθως σε ανερχόμενο και κατερχόμενο κλάδο τροφοδοτώντας με αίμα κυρίως τον μυελό των οστών, και
- Από τα αγγεία που ξεκινούν από το περίοστεο και τροφοδοτούν κυρίως τις εξωτερικές στιβάδες των οστών. Οι φλέβες των οστών δεν ακολουθούν συνήθως την πορεία των αρτηριών, ενώ αμφισβητείται η ύπαρξη λεμφικών αγγείων.

Η αιματική κυκλοφορία των οστών ελέγχεται από τρεις μηχανισμούς: νευρικό, ορμονικό και μεταβολικό. Τα συμπαθητικά αγγειοκινητικά νεύρα είναι πράγματι υπεύθυνα για την αιμάτωση του οστού. Μετά από οσφυϊκή συμπαθηκτομή σε πειραματόζωο παρατηρήθηκε αύξηση της κυκλοφορίας των κάτω άκρων. Μετά από διατομή του ισχιακού νεύρου παρατηρήθηκε αύξηση της κυκλοφορίας του αίματος εντός της κνήμης, της περόνης και του αστραγάλου μέχρι 45% (το ισχιακό νεύρο μεταφέρει σχεδόν όλες τις συμπαθητικές ίνες για το σκέλος κάτω από το γόνατο).

Ένα χιλιοστό του χιλιοστού αδρεναλίνης μπορεί να ελαττώσει την κυκλοφορία του αίματος στα οστά πειραματόζωου. Ποιοτικές και ποσοτικές μελέτες δείχνουν, ότι αγγειοσυσπαστικές ορμόνες προκαλούν αγγειοκινητική αναστροφή στα αιμοφόρα αγγεία του οστού και ελαττώνουν τη ροή του αίματος.

Τέλος, ανάλυση αίματος από υπεραιμικό οστό βρήκε αύξηση ιόντων Η, διττανθρακικού και διοξειδίου, ελάττωση δε του O₂.

Ε. Τα νεύρα

Τα νεύρα των οστών βρίσκονται στο περίοστεο και συνοδεύουν την τροφοφόρο αρτηρία στο εσωτερικό του οστού. Είναι κυρίως νεύρα του συμπαθητικού καθώς και της " εν τω βάθει " αισθητικότητας. Αισθητικές ίνες πόνου στα οστά είναι αμφίβολο αν υπάρχουν, ενώ είναι βέβαιη η ύπαρξη τους στο περίοστεο.

1.5. Ποικιλίες οστών

Τα οστά ανάλογα με το μήκος τους χωρίζονται σε μακριά(επιμήκη), πλατιά και μικρά(βραχέα).

- Μακριά οστά(επιμήκη): Έτσι λέγονται τα οστά που έχουν δύο άκρα, επιφύσεις, και μεταξύ των άκρων αυτών, το σώμα του οστού που ονομάζεται διάφυση. Μέσα στη διάφυση περικλείεται σωληνωτή κοιλότητα, ο αυλός ή μυελικός σωλήνας, που περιέχει τον μυελό των οστών.
- Πλατιά οστά: Είναι τα οστά που παρουσιάζουν δύο επιφάνειες, χείλη και γωνίες. Τέτοια οστά είναι του κρανίου, της ωμοπλάτης κ.τ.λ.
- Βραχέα οστά: Τα βραχέα οστά έχουν περίπου ίσες και τις τρεις διαστάσεις τους, όπως π.χ. τα οστά του καρπού και οι σπόνδυλοι.

1.6 Κατασκευή οστών

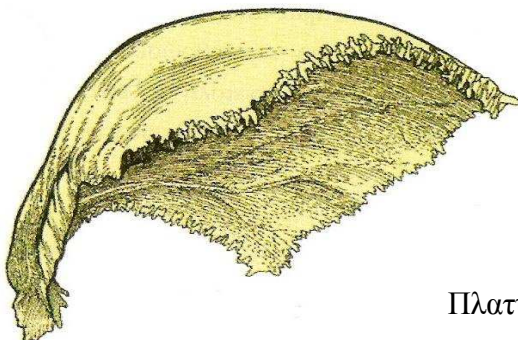
A. Κατασκευή των μακρών οστών

Η κατασκευή τους είναι διαφορετική στη διάφυση (σώμα) και στις επιφύσεις(άκρα):

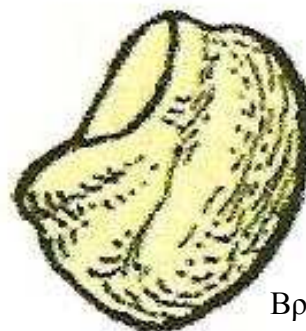
- Η διάφυση (σώμα) των μακρών οστών σχηματίζεται από συμπαγή οστίτη ιστό ο οποίος παίρνει τη μορφή κυλίνδρου που περικλείει μια κοιλότητα. Το πάχος αυτού του οστικού κυλίνδρου είναι σημαντικό. Η κοιλότητα, η οποία βρίσκεται στη διάφυση και στο κέντρο αυτού του κυλίνδρου είναι ο μυελικός σωλήνας που περιέχει τον μυελό των οστών, ο οποίος σε ηλικιωμένα άτομα είναι κίτρινος γιατί σχηματίζεται κυρίως από λιπώδη ιστό.
- Οι επιφύσεις(άκρα) σχηματίζονται από σπογγώδη οστίτη ιστό, ο οποίος στα διάκενα είναι γεμάτος από ερυθρό μυελό. Ένα πολύ λεπτό στρώμα από συμπαγή οστίτη ιστό περιβάλλει εξωτερικά, ως κάψα, τον σπογγώδη ιστό. Οι αρθρικές όμως επιφάνειες των επιφύσεων είναι σκεπασμένες με χονδρικό ιστό, που λέγεται αρθρικός χόνδρος.

B. Κατασκευή των πλατέων και βραχέων οστών

Σχηματίζονται εξωτερικά από ένα λεπτό περίβλημα συμπαγούς οστίτη ιστού, ο οποίος περιβάλλει το σπογγώδη ιστό που υπάρχει εσωτερικά από το περίβλημα αυτό. Μέσα στα πλατιά οστά το στρώμα του σπογγώδους ιστού είναι πραγματικά πολύ λεπτό. Στα οστά του κρανίου ο συμπαγής οστίτης ιστός σχηματίζει δύο πλάκες, την εσωτερική και την εξωτερική, μεταξύ των οποίων βρίσκεται η διπλή, δηλαδή ο σπογγώδης ιστός τους.

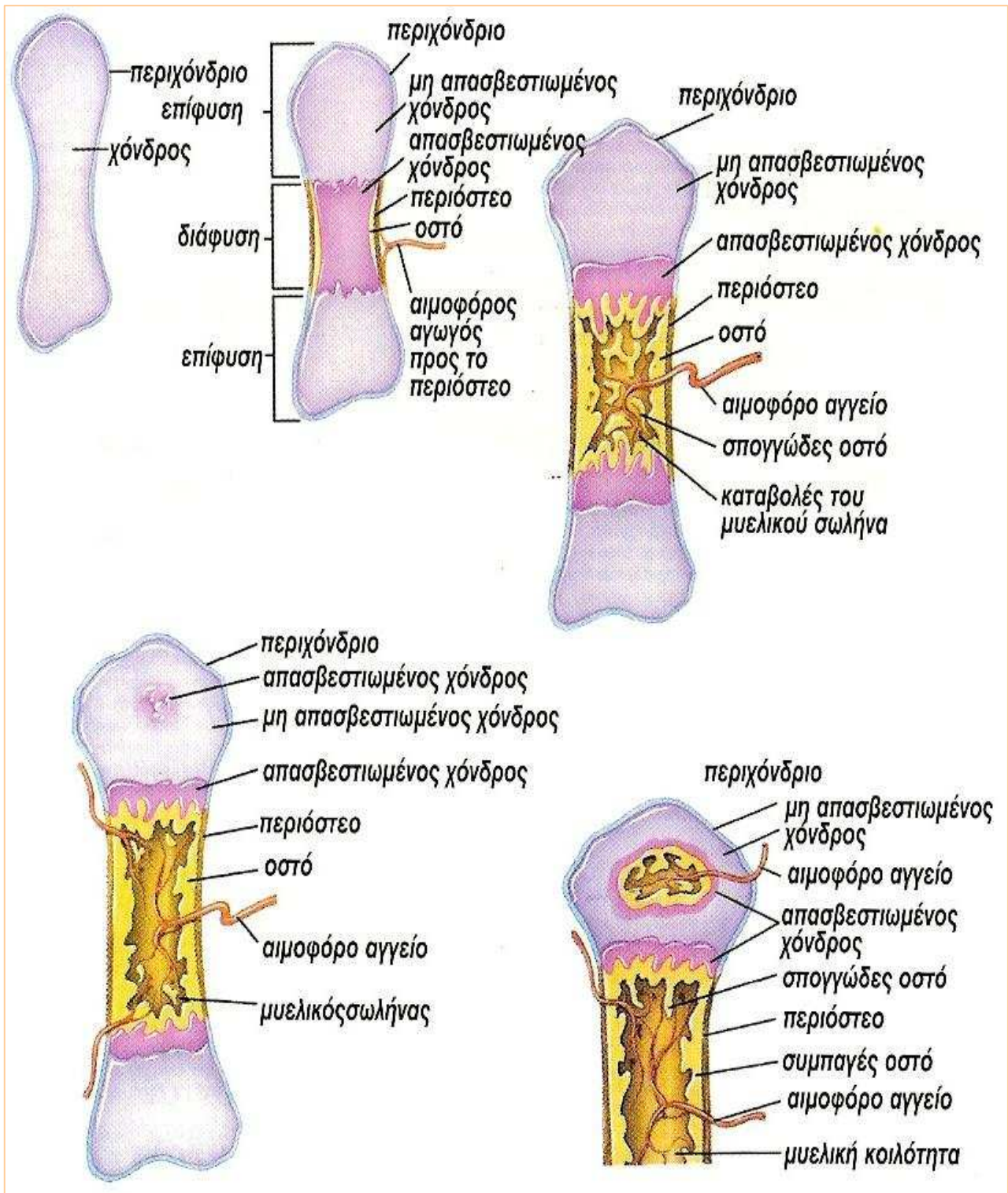


Πλατύ οστό



Βραχύ οστό

1.7. Διάπλαση των οστών – οστεογένεση



Τα οστά στο έμβρυο δεν αποτελούνται από την αρχή από οστέινη ουσία αλλά από μια ουσία από συνδετικό ιστό που σχηματίζει τον λεγόμενο υμενώδη σκελετό. Έπειτα μετατρέπεται ο ιστός αυτός σε χόνδρινη ουσία και σχηματίζεται ο χόνδρινος σκελετός. Πιο συγκεκριμένα, η διάπλαση των οστών γίνεται συνήθως σε τρία στάδια: το υμενώδες, το χόνδρινο και το τελικό (ώριμο οστόν). Εξαίρεση αποτελούν τα περισ-

σότερα οστά του κρανίου και η κλείδα, που περνούν κατευθείαν από το υμενώδες στο τελικό στάδιο(υμενογενή οστά).

- **Χόνδρινη οστεοποίηση:** Ο χονδρικός ιστός μετατρέπεται σε οστίτη ιστό με μια πολύπλοκη επεξεργασία, που σε γενικές γραμμές ακολουθεί την εξής διαδικασία: στο χονδρικό ιστό εισβάλλουν αιμοφόρα αγγεία, τα οποία συνοδεύονται από ειδικά κύτταρα τους χονδροκλάστες. Οι χονδροκλάστες προκαλούν διάλυση και εξαφάνιση του χονδρικού ιστού. Στις θέσεις που έχουν σχηματιστεί από την απορρόφηση του χονδρικού ιστού, με την ενέργεια άλλων ειδικών κυττάρων(των οστεοβλαστών) παράγεται οστέινη. Η οστεοποίηση του χονδρικού ιστού αρχίζει πάντοτε από συγκεκριμένες θέσεις για κάθε οστό, που λέγονται πυρήνες οστέωσης. Για τα μακριά οστά υπάρχει ένας πυρήνας οστέωσης στη διάφυση και από ένας στις επιφύσεις. Οι πυρήνες οστέωσης εμφανίζονται σε κάθε οστό σε μια συγκεκριμένη ηλικία, ακόμα και μετά τον τοκετό και μέχρι το 20^ο έτος της ηλικίας. Γι' αυτό η ακτινολογική εξέταση του σκελετού του παιδιού επιτρέπει να καθορισθεί η οστική του ηλικία. Γνωρίζοντας λοιπόν, την κανονική ηλικία του παιδιού και συγκρίνοντας την με την οστική του ηλικία μπορεί ο γιατρός να διαγνώσει μια ασθένεια των οστών όπως: ραχίτιδα, φυματίωση κ.τ.λ.
- **Υμενώδης οστεοποίηση:** Η υμενώδης οστεοποίηση χαρακτηρίζεται από την απουσία του σταδίου χονδρικού ιστού. Στα οστά αυτά απευθείας από το υμενώδες στάδιο έχουμε παραγωγή οστέινης ουσίας, με την ενέργεια των οστεοβλαστών.

1.8. Αύξηση των οστών

Η αύξηση των οστών σε μήκος και πάχος γίνεται με την εναπόθεση νέων στιβάδων πάνω στις προϋπάρχουσες.

- **Αύξηση σε μήκος:** Η ζώνη του χόνδρου, η οποία σε ένα μακρύ οστό χωρίζει τον πυρήνα της διαφύσεως από τους πυρήνες των επιφύσεων, ονομάζεται συζευκτικός ή αυξητικός χόνδρος(growth plate). Από τη θέση αυτή του αυξητικού χόνδρου πραγματοποιείται η αύξηση του οστού σε μήκος, με τον ακόλουθο τρόπο: τα τμήματα του συζευκτικού αυξητικού χόνδρου, που βρίσκονται σε επαφή από τη μία μεριά με τον πυρήνα της διαφύσεως και από την άλλη με τον πυρήνα της επιφύσεως, μετατρέπονται συνεχώς σε οστίτη ιστό. Αντίθετα, το κεντρικό του τμήμα παραμένει χόνδρινο και αναγεννιέται συνεχώς με πολλαπλασιασμό των κυττάρων του. Ο αυξητικός χόνδρος παραμένει έτσι, ώσπου το οστό να φτάσει στην τελική του ανάπτυξη. Τότε παύει να αναγεννιέται και οι πυρήνες οστέωσης της διάφυσης και της επίφυσης ενώνονται με αποτέλεσμα την ολοκληρωμένη οστεοποίηση και του αυξητικού χόνδρου. Τότε έχει συμπληρωθεί η επιμήκυνση του οστού. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε διάφορες ηλικίες, συνήθως όμως μεταξύ 16-25 ετών.
- **Αύξηση σε πάχος:** Η αύξηση σε πάχος επιτυγχάνεται χάρη στο περίοστεο που με το εσωτερικό του στρώμα, το οστεογενετικό, σχηματίζει διαδοχικά στρώματα οστού, τα οποία εναποτίθενται πάνω στα βαθύτερα στρώματα. Παράλληλα με τη διαδικασία αυτή το κέντρο της διάφυσης με τους οστεοκλάστες απορροφάται και εξαφανίζεται σχηματίζοντας το μυελικό σωλήνα(μακριά οστά). Ο σχηματισμός του μυελικού σωλήνα δίνει στο οστό αντοχή.

1.9. Μεταβολισμός των οστών

Ο μεταβολισμός των οστών εξαρτάται από τροφικούς, ορμονικούς και μηχανικούς παράγοντες.

- Τροφικοί παράγοντες

Είναι απαραίτητοι για τη σύνθεση του οργανικού υποστρώματος (λευκώματα, βιταμίνες Α-αυξήσεως και C-επιδρά στη ζωτικότητα των οστεοβλαστών) και την οστεοποίηση του (Ca, P και βιταμίνη D). Η βιταμίνη D θεωρείται σήμερα ουσία που δρα ορμονικά. Διευκολύνει την απορρόφηση του Ca από τα νεφρά και συμμετέχει στη φυσιολογική του εναπόθεση πάνω στο συζευκτικό χόνδρο και το οστεοειδές. Σε έλλειψη της παρουσιάζεται η παθολογική κατάσταση που ονομάζεται ραχιτισμός.

- Ορμονικοί παράγοντες

Στους ορμονικούς παράγοντες περιλαμβάνονται: η αυξητική ορμόνη, η παραθορμόνη, η καλσιτονίνη, οι ορμόνες των γεννητικών αδένων (ανδρογόνα, οιστρογόνα), τα γλυκοκορτικοειδή και η θυροξίνη.

Η **αυξητική ορμόνη** δρα πάνω στα χονδροκύτταρα του συζευκτικού χόνδρου και συντελεί στην αύξηση σε μήκος των οστών με τη συνεργασία της θυροξίνης, ενώ οι **γεννητικές** ορμόνες αναστέλλουν την αύξηση και προκαλούν σύγκλιση του συζευκτικού χόνδρου.

Η δράση της **παραθορμόνης** συνίσταται στη διατήρηση του Ca και P του αίματος σε σταθερά επίπεδα. Αυτό γίνεται κυρίως με απελευθέρωση Ca από τα οστά και κατά δεύτερο λόγο με αύξηση της απορρόφησης του από το έντερο και της επαναπορρόφησης του από τα νεφρικά σωληνάκια. Ερέθισμα για την έκκριση της παραθορμόνης αποτελεί η ελάττωση του Ca του αίματος. Στα οστά η παραθορμόνη ενεργοποιεί τους οστεοκλάστες και τα οστεοκύτταρα, πράγμα που οδηγεί σε οστεόλυση. Η οστεόλυση που γίνεται με τη βοήθεια των οστεοκυττάρων (περιοστεοκυτταρική οστεόλυση), παρουσιάζεται, όπως διαπιστώθηκε πρόσφατα και σε μια ελάχιστη αύξηση της παραθορμόνης στο αίμα, πριν ακόμα ενεργοποιηθούν οι οστεοκλάστες (mini remodeling).

Η **καλσιτονίνη** είναι ορμόνη που εκκρίνεται από ορισμένα κύτταρα του θυρεοειδούς (κύτταρα C) σε περίπτωση που αυξάνεται το Ca του αίματος και αναστέλλοντας την οστεόλυση επαναφέρει το Ca στα φυσιολογικά επίπεδα. Δρα ανταγωνιστικά προς την παραθορμόνη μαζί με την οποία ρυθμίζει την ομοιόσταση του ασβεστίου.

Τα **γλυκοκορτικοειδή** αναστέλλουν την αύξηση σε μήκος των οστών σε νεαρά άτομα, ενώ σε ενήλικες προκαλούν οστεοπόρωση (αναστολή σύνθεσης λευκωμάτων, κακή απορρόφηση του Ca από το έντερο εξαιτίας ανταγωνιστικής δράσης προς τη βιταμίνη D).

Η **βιταμίνη D** διευκολύνει την απορρόφηση του Ca από το έντερο, αναστέλλει την αποβολή του Ca από τα νεφρά και είναι απαραίτητη για τη φυσιολογική εναπόθεσή του πάνω στο συζευκτικό χόνδρο και το οστεοειδές. Η βιταμίνη D, που λαμβάνεται με την τροφή, ενεργοποιείται καθώς περνά μέσα από το ήπαρ και τα νεφρά.

Χωρίς να σχετίζεται με ορμονικούς παράγοντες είναι καλό σε αυτό το σημείο να γίνει αναφορά και για το ένζυμο φωσφατάση. Η αλκαλική φωσφατάση είναι ένζυμο που βρίσκεται στα οστά. Χρησιμεύει για την καθήλωση του ασβεστίου και του φωσφόρου σ' αυτά. Έχει την ιδιότητα να ελευθερώνει PO_4^{3-} από οργανικές φωσφορούχες

ενώσεις. Αυτό γίνεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει στα οστά η ενδεδειγμένη αναλογία μεταξύ PO_4^3 και Ca.

- Μηχανικοί παράγοντες

Οι μηχανικοί παράγοντες(συνολική μών-κίνηση-βαρύτητα) είναι απαραίτητοι για τη μεταβολή του ανώριμου οστίτη ιστού σε ώριμο, που γίνεται με προσανατολισμό των οστικών πεταλίων και δοκίδων, καθώς και για τη διατήρηση των αλάτων στα οστά(αντίθετα σε περίπτωση ακινητοποίησης έχουμε αφαλάτωση). Επίσης επηρεάζουν το σχήμα των οστών, ιδιαίτερα στη βρεφική ηλικία.

1.10. Η φυσιολογία των οστών

Μετά την ολοκλήρωση της ανάπτυξης των οστών τα οστά δεν παραμένουν σταθερά και αμετάβλητα. Είναι ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο και ζωντανό όργανο. Ως γνωστό οι λειτουργίες του ανθρώπινου σκελετού είναι να στηρίζει το ανθρώπινο σώμα, να προστατεύει τα εσωτερικά όργανα, βοηθά και πραγματοποιεί την κίνηση στο ανθρώπινο σώμα, και τέλος υπάρχει μέσα στα οστά ο μυελός των οστών που βοηθά στην αιμοποίηση. Επίσης τα οστά χρησιμεύουν και σαν αποθήκη του ασβεστίου και του φωσφόρου. Επικοινωνεί διαρκώς με όλο τον ανθρώπινο οργανισμό παρέχοντας με ακρίβεια τις ποσότητες των στοιχείων αυτών που χρειάζεται και κυρίως για το ασβέστιο.

“Ομοιοστασία”, ονομάζεται η σωστή διαχείριση του ασβεστίου από τον οργανισμό μιας και συμμετέχει σε πολλές ζωτικές λειτουργίες. Το ασβέστιο χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του νευρικού συστήματος, για τη λειτουργία των γραμμωτών και λείων μυών του σώματος. Βοηθά στην λειτουργία των αιμοπεταλίων και την πήξη του αίματος, στην καρδιακή λειτουργία σαν ρυθμιστής συστολής στην ίδια τη συστολή της καρδιάς. Η καρδιά μπορεί να σταματήσει να λειτουργεί σε περίπτωση έλλειψης ασβεστίου από το αίμα. Ο φώσφορος είναι άλλο στοιχείο που υπάρχει στα οστά και είναι απαραίτητο στοιχείο γιατί συνεργάζεται με το ασβέστιο στη δόμηση των οστών και έχει πολύτιμους βιολογικούς ρόλους γιατί συμμετέχει τόσο στην κατασκευή κυττάρων σε πολλές θέσεις και φάσεις όσο και στη διακίνηση χημικών ουσιών μέσα και έξω από τα κύτταρα. Με τη βοήθεια του φωσφόρου επιτυγχάνεται η χρήση της ενέργειας από τα κύτταρα συμμετέχοντας στο βιολογικό σχηματισμό καυσίμων στον οργανισμό. Έτσι ο οστίτης ιστός που περιέχει το ασβέστιο και το φώσφορο θα πρέπει να προσαρμόζεται συνεχώς στις ανάγκες του σώματος (π.χ. στη στήριξη του σώματος) και να παρακολουθεί στενά την προσφορά και τη ζήτηση του ασβεστίου και του φωσφόρου.

Τα οστά συνεχώς αποδομούνται και ξαναοικοδομούνται, ανανεωμένα διαρκώς και προσφέροντας τα υλικά τους για την εύρυθμη λειτουργία του οργανισμού (π.χ. οστική ανακατασκευή ή οστική ανακύκλωση). Αυτή η οστική ανακατασκευή είναι απαραίτητη τόσο για την ισορροπία του ασβεστίου στο αίμα όσο και για την καλή συντήρηση του σκελετού και των μηχανικών του ιδιοτήτων όπως: οστική αντοχή.

Υπάρχουν πολλές καταστάσεις που επιβαρύνουν και καταπονούν το σκελετό. Η αυξομείωση του σωματικού βάρους, ή η έλλειψη της βαρύτητας όπως στην περίπτωση των αστροναυτών, η άσκηση ή παρατεταμένη ακινησία και τέλος τα μικροσκοπικά κατάγματα. Όλες αυτές οι καταστάσεις ενεργοποιούν τον οργανισμό να αντιδράσει

κατά περίπτωση και σοφά. Το αποτέλεσμα είναι να εξασφαλίζονται οι καλύτερες μηχανικές ιδιότητες του οστού, με την τέλεια παραγωγή και αρχιτεκτονική του οστού.

Η οστική ανακατασκευή αφορά και τα δύο είδη οστίτη ιστού, τον συμπαγή (80%) και φλοιώδη οστίτη ιστό και τον σπογγώδη ιστό (17%). Οι δυο διαφορετικοί τύποι εξυπηρετούν τις ανάγκες του ανθρώπινου σκελετού. Η λειτουργία του σπογγώδη είναι η κατά μήκος μεταφορά δυνάμεων και η απορρόφηση κραδασμών και επειδή αυτή είναι και η λειτουργία των σπονδύλων (σηκώνουν το βάρος του σώματος και αμβλύνουν τους κραδασμούς) γι' αυτό μεγάλο μέρος τους αποτελείται από σπογγώδη ιστό.

Τα μακρά οστά αποτελούνται από φλοιώδη ή συμπαγή ιστό ο οποίος έχει διαφορετικές ιδιότητες και λειτουργίες. Εξυπηρετεί, με τη μορφή οστικού μοχλού και με τη μυϊκή δύναμη εφαρμοζόμενη σε αυτό την πραγματοποίηση κίνησης στο σώμα. Αντέχει σε δυνάμεις έλξεων, κάμψεων και σε δυνάμεις ροπής.

Εκτός από τις διαφορετικές λειτουργίες στους δύο τύπους ιστών, κάτω από μικροσκοπική εξέταση παρουσιάζουν και θεμελιώδεις ομοιότητες. Αποτελούνται από μεσοκυττάρια ουσία και κύτταρα. Η λειτουργία των κυττάρων αυτών είναι η οικοδόμηση, η αποδόμηση και συντήρηση του οστικού ιστού. Στο σπογγώδη ιστό η μεσοκυττάρια ουσία αποτελείται από τρισδιάστατα οστικά πέταλα που ονομάζονται οστεοδοκίδες. Στον συμπαγή ιστό η θεμέλια ουσία είναι πραγματικά συμπαγής και διατεταγμένη σε ομόκεντρα πέταλα (μοιάζει με κομμένο κορμό δέντρου) και διαπερνάται από αγγεία και νεύρα (σύστημα από σωληνίσκους = σύστημα HAVERS). Τα κύτταρα που παίζουν το ρόλο δόμησης, αποδόμησης ή συντήρησης της μεσοκυττάριας ουσίας είναι τριών ειδών: οι οστεοκλάστες, οι οστεοβλάστες και τα οστεοκύτταρα.

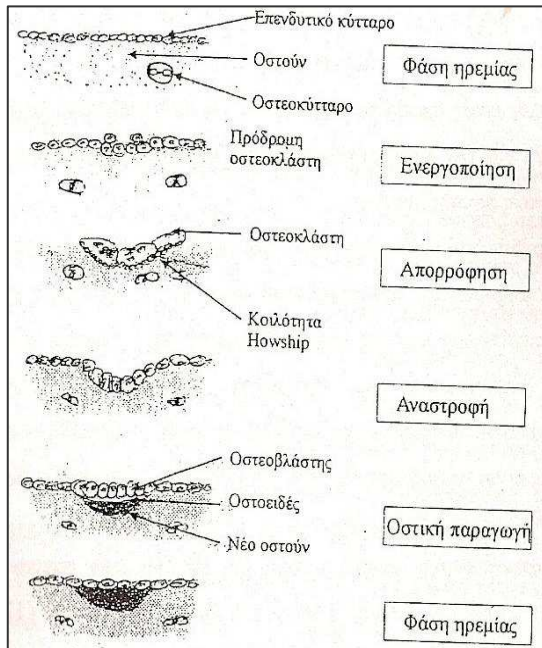
ΕΙΔΟΣ ΚΥΤΤΑΡΟΥ	Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ
Οστεοκλάστες	Αποδόμηση οστικών κυττάρων
Οστεοβλάστες	Οικοδόμηση οστικών κυττάρων
Οστεοκύτταρα	Είναι οστεοβλάστες που εγκλωβίστηκαν έχοντας γύρω τους μεσοκυττάρια ουσία και πραγματοποιούν μικροεργασίες για την μεσοκυττάρια ουσία που τους περιβάλλει.

Οι οστεοκλάστες και οι οστεοβλάστες συναντώνται σε κάθε ελεύθερη επιφάνεια του οστού (εσωτερική ή εξωτερική). Στον σπογγώδη ιστό ελεύθερες επιφάνειες είναι οι μεσοτοιχίες που δημιουργούνται από οστεοδοκίδες που αλληλοδιαιρούνται τέμνοντας η μια την άλλη. Στο φλοιώδη ιστό τέτοιες επιφάνειες είναι η εξωτερική επιφάνεια των οστών κάτω από περίοστεο και τα τοιχώματα των σωληνίσκων HAVERS.

Η μεσοκυττάρια ουσία αποτελείται και από οργανικό και από ανόργανο μεταλλικό στοιχείο. Το οργανικό στοιχείο είναι η θεμέλια ουσία (20%), και το ανόργανο υλικό (80%) αποτελείται από κρυστάλλους υδροξυαπατίτη, οι οποίοι σχηματίζονται από ασβέστιο και φώσφορο σε συγκεκριμένη αναλογία και διάταξη των μορίων. Η θεμέλια ουσία που αποτελείται από κολλαγόνο δίνει στα οστά τις ελαστικές τους ιδιότητες. Ταυτόχρονα αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία χτίζονται κρύσταλλοι του υδροξυαπατίτη, προσδίδοντας έτσι στα οστά τη σκληρότητα και την αντοχή τους. Άλλα

στοιχεία που υπάρχουν στον οστίτη ιστό είναι το μαγνήσιο, το νάτριο, το φθόριο και το νερό.

Οι οστεοβλάστες παράγουν οστό (μεσοκυττάρια ουσία). Δημιουργούν αρχικά τη θεμέλια ουσία από κολλαγόνο και πάνω σε αυτή οικοδομούνται οι κρύσταλλοι του υδροξυαπατίτη. Η θεμέλια ουσία που δεν έχει επενδυθεί από κρυστάλλους του υδροξυαπατίτη, ονομάζεται οστοειδές ή προοστόν. Η εναπόθεση των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη γίνεται με την βοήθεια του ενζύμου αλκαλική φωσφατάση.



Σε κάποια στιγμή ο οστεοβλάστης εγκλωβίζεται μέσα στην θεμέλια ουσία που παράγει και επικοινωνεί με τους άλλους οστεοβλάστες και με τους σωληνίσκους μέσω πολύ λεπτών διαύλων. Τότε λέγεται οστεοκύτταρο. Τα οστεοκύτταρα αποτελούν το 95% των κυττάρων που έχει ο οστίτης ιστός. Οι οστεοκλάστες έχουν σαν έργο τους την αποσύνθεση της μεσοκυττάριας ουσίας. Η διάσπαση της μεσοκυττάριας ουσίας γίνεται με τη βοήθεια ενζύμων και ουσιών και ελευθερώνεται στο συγκεκριμένο περιβάλλον ασβέστιο και φώσφορο ταυτόχρονα με τα παραπροϊόντα της διάσπασης του κολλαγόνου. Η υδροξυπολίνη είναι ένα από τα προϊόντα της διάσπασης του κολλαγόνου, η οποία αποβάλλεται με τα

ούρα. Είναι ένας καλός δείκτης αξιολόγησης της δραστηριότητας των οστών ιδιαίτερα σε εκτιμήσεις ατόμων που σχετίζονται με την οστεοπόρωση (Κουντουράς, 1996).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το υλικό που μας ενδιαφέρει είναι η μεσοκυττάρια ουσία. Τα εργαλεία παραγωγής και αποικοδόμησης είναι οι οστεοβλάστες και οι οστεοκλάστες. Το έναυσμα για τη διαδικασία θα γίνει είτε λόγω έλλειψης ασβεστίου ή λόγω μεταβολών στη μηχανική φόρτιση των οστών. Ο τρόπος για τις λειτουργίες αυτές δεν είναι τυχαίος τόσο στην διαδικασία όσο στην επιλογή του τμήματος που θα πραγματοποιηθεί. Υπάρχει πάντα ένα κυτταρικό πρωτόκολλο, κάτι σαν κανονισμός λειτουργίας που ονομάζεται "φαινόμενο σύζευξης". Σύμφωνα με τη διαδικασία αυτή οι λειτουργίες των οστεοβλαστών και των οστεοκλαστών, δεν είναι ανεξάρτητες αλλά συνδέονται αυστηρά ώστε να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ εναπόθεσης οστού και απορρόφησης οστού. Δηλαδή προηγείται η αποδόμηση και πάντα έπεται η σύνθεση. Υπάρχει μια εναρμόνιση στις δύο αυτές λειτουργίες έτσι ώστε να μην υπάρχει άναρχη αποσύνθεση ή εναπόθεση με αποτέλεσμα να έχουμε ολέθριες συνέπειες για τη σταθερότητα του οστού.

Η οστική ανακατασκευή γίνεται με βάση το φαινόμενο σύζευξης, και υπάρχει μια σειρά φάσεων. Αρχικά είναι η φάση της ηρεμίας κατά την οποία δεν υπάρχουν οστεοκλάστες και οστεοβλάστες στις ελεύθερες επιφάνειες του οστίτη ιστού. Ακολουθεί η φάση της ενεργοποίησης που προκαλείται από φυσικοχημικά και ορμονικά ερεθίσματα με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση των οστεοκλαστών. Στη συνέχεια γίνεται η απορρόφηση του οστού και η αποκοπή των οστεοκλαστών (κυτταρικός θάνατος). Στα κενά που υπάρχουν τώρα εμφανίζονται οι οστεοβλάστες και αρχίζουν την παραγωγή του προ-οστού (οστοειδές). Στο προ-οστό εναποθέτονται κρύσταλλοι του υδροξυαπα-

τίτη και ασβεστοποιείται. Το οστό είναι έτοιμο και είναι ίσο σε ποσότητα με αυτό που απορροφήθηκε. Μετά ακολουθεί η φάση της ηρεμίας.

Η οστική κατασκευή δεν γίνεται ταυτόχρονα σε όλα τα τμήματα του σκελετού. Ο σκελετός χωρίζεται σε ανεξάρτητες βασικές κατασκευαστικές μονάδες οι οποίες είναι τα συστήματα Havers για τα συμπαγή οστά και οι οστεοδοκίδες για τα σπογγώδη. Δεν υπάρχει ταυτόχρονη ενεργοποίηση των συστημάτων αυτών, όταν όμως ενεργοποιηθούν θα γίνει σύμφωνα με το φαινόμενο της σύζευξης και τότε ονομάζονται βασικές μεταβολικές ομάδες.

ΟΣΤΙΚΗ ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ- ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΣΥΖΕΥΞΗΣ

- Η φάση της ηρεμίας (δεν υπάρχουν οστεοκλάστες και οστεοβλάστες στις ελεύθερες επιφάνειες του οστίτη ιστού)
- Η φάση της ενεργοποίησης (ενεργοποίηση των οστεοκλαστών)
- Η φάση της απορρόφησης του οστού και η αποκοπή των οστεοκλαστών (κυτταρικός θάνατος)
- Παραγωγή του προ-οστού (οστοειδές)
- Εναπόθεση κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη & ασβεστοποίηση (το οστό είναι έτοιμο)
- Τέλος ακολουθεί η φάση της ηρεμίας.

Πίνακας :Οι φάσεις δημιουργίας του οστού

1.11. Σχέση του φαινομένου της σύζευξης και της οστεοπόρωσης

Όταν διαταραχθεί η ισορροπία που υπάρχει στο φαινόμενο της σύζευξης υπάρχει μια ανισορροπία μεταξύ της εναπόθεσης οστικού ιστού και της καταστροφής του. Συνήθως κατά την άνιση αυτή λειτουργία πάντα υπάρχει έλλειμμα στην ποσότητα εναπόθεσης οστικού ιστού. Δηλαδή δεν υπάρχει πλήρης κάλυψη του ιστού που έχει αποδομηθεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το οστό να "αδειάζει" σιγά -σιγά, να αραιώνει, να ελαττώνεται η πυκνότητά του με αποτέλεσμα την οστεοπόρωση. Σε φυσιολογικές συνθήκες η διαταραχή της απορρόφησης γίνεται κατευθυνόμενα και ελεγχόμενα είτε επειδή υπάρχει έλλειψη στην πρόσληψη ασβεστίου είτε για λόγους μηχανικούς επιβάλλεται η απορρόφηση σε κάποιο σημείο. Η γρήγορη όμως αντιδραστική απορρόφηση, ακολουθείται αργότερα από βραδύτερη διαδικασία εναπόθεσης (Κουντουράς, 1996).

Όταν η πρόσληψη ασβεστίου δεν αποκαθίσταται ή για κάποιους λόγους, υπάρχει παθολογική ενεργοποίηση των οστεοκλαστών χωρίς τέλος (φαινόμενο αποσύζευξης) ή η λειτουργία των οστεοβλαστών είναι ανεπαρκής ή αναποτελεσματική, ως συνέπεια έχουμε την απώλεια οστικής μάζας. Η μηχανική φόρτιση ή αποφόρτιση είναι από τα ερεθίσματα που εκκινούν το μηχανισμό της ανακατασκευής. Και οι δύο καταστάσεις προκαλούν στο οστό εντοπισμένες φυσικές και βιοχημικές αλλαγές που ενεργοποιούν την ανακατασκευή. Όταν η φόρτιση είναι πάνω από ένα όριο ειδικό για κάποια περιοχή, η οστική ανακατασκευή αυξάνει τελικά την οστική μάζα στην περιοχή αυτή. Όταν η φόρτιση πέφτει κάτω από αυτό το όριο, η οστική μάζα ελαττώνεται λόγω παρατεταμένης απορρόφησης. Άρα η αύξηση της οστικής μάζας προκαλείται σε αθλητές ή άτομα με χειρωνακτική εργασία που ο σκελετός τους υφίσταται έντονες και επαναλαμβανόμενες φορτίσεις, ενώ αντίθετα σε ένα καθιστικό τρόπο ζωής, χωρίς φυ-

σική δραστηριότητα, η παρατεταμένη κλινήρης κατάσταση έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια οστικής μάζας (Κουντουράς, 1996).

Για τους παραπάνω λόγους λοιπόν, η άσκηση θεωρείται πολύ σημαντική για την πρόληψη της οστεοπόρωσης.

1.12. Ομοιοστασία του ασβεστίου (Ca)

Η πρόληψη του ασβεστίου στον ανθρώπινο οργανισμό γίνεται με την τροφή. Αρχικά το ασβέστιο απορροφάται στα πρώτα τμήματα του λεπτού εντέρου. Από εκεί χρησιμοποιείται για την αποκατάσταση της ισορροπίας στο αίμα και ότι περισσεύει φτάνει στα οστά. Στα οστά βρίσκεται σε δύο μορφές: στην πρώτη μορφή κατακάθεται μαζί με φώσφορο, ως άμορφο φωσφορικό ασβέστιο και ως κρυσταλλικό με τη μορφή του υδροξυαπατίτη. Ο υδροξυαπατίτης οικοδομείται πάνω στη θεμέλια ουσία δημιουργώντας έτσι τη μεσοκυττάρια ουσία. Αυτή είναι η διαδικασία αποθήκευσης του ασβεστίου για πιθανή διατροφική έλλειψή του.

Δεν γίνεται η απορρόφηση όλου του ασβεστίου που τρώμε, αλλά μόνο ένα ποσοστό το οποίο έχει σχέση με την έλλειψη του οργανισμού σε αυτό. Η βιταμίνη D δρώντας αυξάνει την απορρόφηση του ασβεστίου και μάλιστα με τον ενεργό μεταβολίτη της την 1,25 (OH)2D3.

Το ασβέστιο που δεν απορροφάται από το έντερο αποβάλλεται με τα κόπρανα. Από αυτό που μπήκε (στο αίμα και στην αποθήκη των οστών), μια μεγάλη ποσότητα διηθείται στα ούρα και επαναπορροφάται, ενώ ένα ποσοστό αποβάλλεται από αυτά.

Συμπερασματικά οι παράγοντες που παίζουν ρυθμιστικό ρόλο στην ομοιοστασία του ασβεστίου είναι η βιταμίνη D, η παραθορμόνη, η καλσιτονίνη, τα οιστρογόνα, οι θυρεοειδικές ορμόνες, η αυξητική ορμόνη, τα κορτικοειδή.

Η βιταμίνη D

Η βιταμίνη D διευκολύνει την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο. Ενεργοποιεί τους οστεοκλάστες (αποδόμηση του οστού) και γίνεται ελευθέρωση του ασβεστίου. Με την βοήθεια της βιταμίνης αυτής το πλεονάζων ασβέστιο από το αίμα, που εναποτέθηκε από την τροφή, μεταφέρεται στα οστά (αποτιτάνωση των οστών). Η έλλειψη της βιταμίνης αυτής δημιουργεί οστά μαλακά δηλαδή οστά που δεν είναι ασβεστοποιημένα και σκληρά, με αποτέλεσμα σε ενήλικες και σε παιδιά να παρατηρούνται σκελετικές παραμορφώσεις.

Η παραθορμόνη

Η παραθορμόνη παράγεται από τους παραθυρεοειδείς αδένες που είναι συνήθως τέσσερις. Η παραθορμόνη επιταχύνει την παραγωγή δραστικής βιταμίνης D3 στο νεφρό (με αποτέλεσμα να επιδρά στην τύχη του ασβεστίου τον οργανισμό). Διεγείρει και αυτή την απορρόφηση οστού από τους οστεοκλάστες και την απελευθέρωση ασβεστίου και φωσφόρου. Αυξάνει την επαναπορρόφηση του ασβεστίου από τα νεφρά μειώνοντας τις απώλειες. Αυξάνει την απέκκριση του φωσφόρου από τα νεφρά, ώστε τα επίπεδα του στο αίμα να είναι χαμηλά και να αναστέλλεται η καθίζηση με το ασβέστιο στα οστά.

Συμπερασματικά: η βιταμίνη D και η παραθορμόνη συνεργάζονται ώστε αυξάνοντας την απορρόφηση του ασβεστίου και την απελευθέρωση του από τα οστά και ε-

λαττώνοντας τις απώλειες του, να ανεβάζουν τα επίπεδά του στο αίμα(Κουντουράς,1996).

Στην τρίτη ηλικία η παραθορμόνη είναι αυξημένη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ευνοείται η δράση των οστεοκλαστών και της απορρόφησης του οστού. Έτσι θεωρείται για την οστεοπόρωση τύπου II ένας από τους παθογενετικούς ή αιτιολογικούς παράγοντες.

Η καλσιτονίνη

Στην ρύθμιση του ασβεστίου σημαντικό ρόλο παίζει και η καλσιτονίνη (ορμόνη που παράγεται από τον θυρεοειδή αδένα και από τα κύτταρα του C). Επιδρά καταστέλλοντας την λειτουργία των οστεοκλαστών, είναι δηλαδή ένα φρένο στην απορρόφηση του οστού, λειτουργία αντίθετη με αυτή της βιταμίνης D και της παραθορμόνης, οι οποίες όπως προαναφέραμε επιταχύνουν τη λειτουργία των οστεοκλαστών. Η έκκριση της καλσιτονίνης γίνεται συνήθως όταν τα επίπεδα του Ca στο αίμα είναι υψηλά. Χρησιμοποιείται για θεραπευτικούς σκοπούς με χορήγηση φαρμάκων με στόχο διέγερσης της οστικής παραγωγής και αύξησης της οστικής μάζας (δηλαδή χρησιμοποιείται όποτε είναι απαραίτητο να καταστείλουμε την δραστηριότητα των οστεοκλαστών και να διαφυλαχθεί η οστική μάζα σε άτομα που παρουσιάζουν απώλεια της οστικής μάζας).

Τα οιστρογόνα

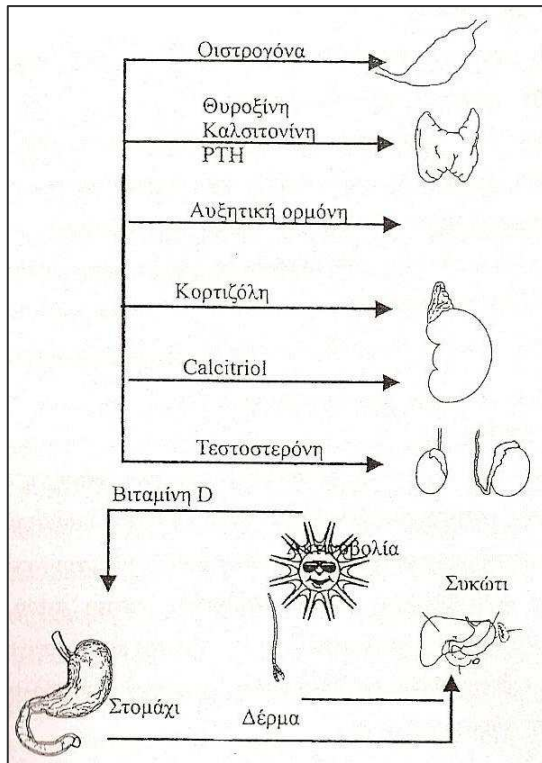
Τα οιστρογόνα έχουν ισχυρή αντιοστεοκλαστική δράση, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τον κυτταρικό θάνατο των οστεοκλαστών. Σταματούν με αυτό τον τρόπο την αποδόμηση του οστού ενώ ταυτοχρόνως υπάρχουν ενδείξεις ότι διεγείρουν τους οστεοβλάστες για την παραγωγή οστίτη ιστού. Αρκετοί υποστηρίζουν ότι πιθανόν να προκαλούν και έκκριση της καλσιτονίνης από τον θυρεοειδή. Τα ανδρογόνα από την άλλη μεριά έχουν κυρίως αναβολική δράση διεγείροντας την παραγωγή οστού.

Οι θυρεοειδικές ορμόνες

Οι θυρεοειδικές ορμόνες επιταχύνουν τον οστικό μεταβολισμό και το μηχανισμό της ανακατασκευής και προκαλούν απορρόφηση του οστού και αύξηση του ασβεστίου του αίματος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της 1,25 (OH)₂D₃ και έτσι την ελάττωση της απορρόφησης του ασβεστίου από το έντερο. Είναι πολύ σημαντικό αυτό γιατί τα άτομα που πάσχουν από υποθυρεοειδισμό ή παίρνουν θυροξίνη λόγω υποθυρεοειδισμού, κινδυνεύουν να πάθουν οστεοπόρωση, αφού ο οργανισμός στερείται και τη βιταμίνη D και το ασβέστιο.

Αυξητική ορμόνη

Η αυξητική ορμόνη παράγεται στην υπόφυση και δεν συμμετέχει άμεσα στη διαχείριση του ασβεστίου, αλλά ενεργοποιώντας το φαινόμενο της ανακατασκευής προς την κατεύθυνση της οστεοβλαστικής παραγωγής οστού, δηλαδή της χρησιμοποίησης του ασβεστίου. Η αυξητική ορμόνη παίζει σπουδαίο ρόλο στην ανάπτυξη του ανθρώπου και η έλλειψη της δημιουργεί νανισμό. Υποστηρίζεται επίσης, ότι η έλλειψή της μπορεί να προκαλέσει και μείωση οστικής μάζας.



Τα κορτικοειδή(ή κορτιζόνη)

Η κορτιζόνη ή τα κορτικοειδή είναι χημικές ενώσεις που παράγονται στα επινεφρίδια. Πολλές φορές χορηγούνται ως φάρμακα για την καταστολή φλεγμονωδών καταστάσεων. Επηρεάζουν όλους τους μηχανισμούς ρύθμισης ασβεστίου. Μειώνουν την απορρόφηση του από το έντερο, την επανααπορρόφηση του από τα νεφρά(επιτρέποντας να χαθεί στα ούρα), αυξάνουν λόγω πτώσης του ασβεστίου την $1,25(OH)2D3$ που προκαλεί απορρόφηση των οστών και τέλος, αυξάνουν την παραθορμόνη και άμεσα και έμμεσα λόγω και πάλι της πτώσης του ασβεστίου του αίματος. Συμπερασματικά ελαττώνουν την οστική μάζα απομακρύνοντας το ασβέστιο από τον οργανισμό προδιαθέτοντας έτσι για οστεοπόρωση.

1.13. Οστική ανακατασκευή και οστεοπόρωση

Η διακοπή ενός κύκλου ανακατασκευής σε οποιαδήποτε φάση θα οδηγήσει σε οστική απώλεια. Υπό κανονικές συνθήκες, το νεοπαραχθέν οστό είναι ακριβώς ίσης ποσότητας, ίδιας ποιότητας και ίδιας αρχιτεκτονικής με το παλιό που απορροφήθηκε.

Στην πραγματικότητα αυτό συμβαίνει μόνο σε μη αναπτυσσόμενους νεαρούς ενήλικες. Στους ηλικιωμένους το ποσό αυτού του νέου οστού είναι λιγότερο από αυτό που απορροφήθηκε, με αποτέλεσμα τη βαθμιαία μείωση της οστικής μάζας και την οστεοπόρωση.

Η οστεοπόρωση, αυτή η επίκτητη γενικευμένη σκελετική νόσος στους ηλικιωμένους, δεν είναι παρά μια διαταραχή της ανακατασκευής και οφείλεται στο γεγονός ότι οι οστεοβλάστες δεν γεμίζουν πλήρως τις δημιουργηθείσες κοιλότητες από τους οστεοκλάστες. Κατά συνέπεια, κατανόηση της αιτιοπαθογένειας της οστεοπενίας των ηλικιωμένων απαιτεί πληρέστερη γνώση του μηχανισμού οστικής ανακατασκευής (REMODELLING).

Στο φλοιώδες οστό η οστική απορρόφηση ισορροπείται από την οστική παραγωγή. Η μείωση του πάχους του φλοιού οφείλεται σε ενδοοστική απορρόφηση. Στο δοκιδώδες οστό η παραγωγή δεν μπορεί να αντισταθμίσει την οστική απορρόφηση και παρατηρείται λέπτυνση και αραίωση των δοκίδων.

Οστική απώλεια έχουμε όταν οι οστεοκλάστες δημιουργούν κοιλότητες μεγαλύτερες ή βαθύτερες από τις κανονικές, όταν οι οστεοβλάστες αδυνατούν να γεμίσουν τις κανονικές ή όταν συμβαίνουν και τα δύο (σε ασθενείς με οστεοπόρωση υπάρχουν και οι δύο διαταραχές). Η αύξηση της οστικής ανανέωσης από μόνη της π.χ. σε νέα άτομα με υπερθυρεοειδισμό, προκαλεί μικρή οστική απώλεια. Όταν όμως η οστική απορρόφηση υπερβαίνει την οστική παραγωγή, η αύξηση της οστικής ανανέωσης αυ-

ξάνει την οστική απώλεια, ενώ η μείωση της οστικής ανανέωσης μειώνει την οστική απώλεια.

Η ανισορροπία μεταξύ οστικής απορρόφησης και οστικής παραγωγής η οποία προκαλείται από αυξημένη οστεοκλαστική δραστηριότητα, όπως συμβαίνει στην περίοδο αμέσως μετά την εμμηνόπαυση, είναι πιο καταστροφική από την άποψη της δομής του οστού, από ότι αυτή που οφείλεται σε μειωμένη οστεοβλαστική δραστηριότητα, όπως συμβαίνει κατά τη φάση της βραδείας οστικής απώλειας λόγω γήρατος. Υπερβολική οστεοκλαστική δραστηριότητα μπορεί να οδηγήσει στη διάτρηση και στην απώλεια ολόκληρων δοκίδων στο δοκιδώδες οστό έτσι ώστε η επακόλουθη φάση της οστικής παραγωγής να εξαλείφεται. Οι οστεοβλάστες δεν έχουν έδαφος για να παράγουν οστεοειδές. Αντίθετα, η μείωση της οστεοβλαστικής δραστηριότητας οδηγεί μόνο σε λέπτυνση των δοκίδων.

1.13.1. Παράγοντες που ελέγχουν την οστική ανακατασκευή

Η ανακατασκευή του οστού ελέγχεται από διάφορες συστηματικές ορμόνες και τοπικούς παράγοντες.

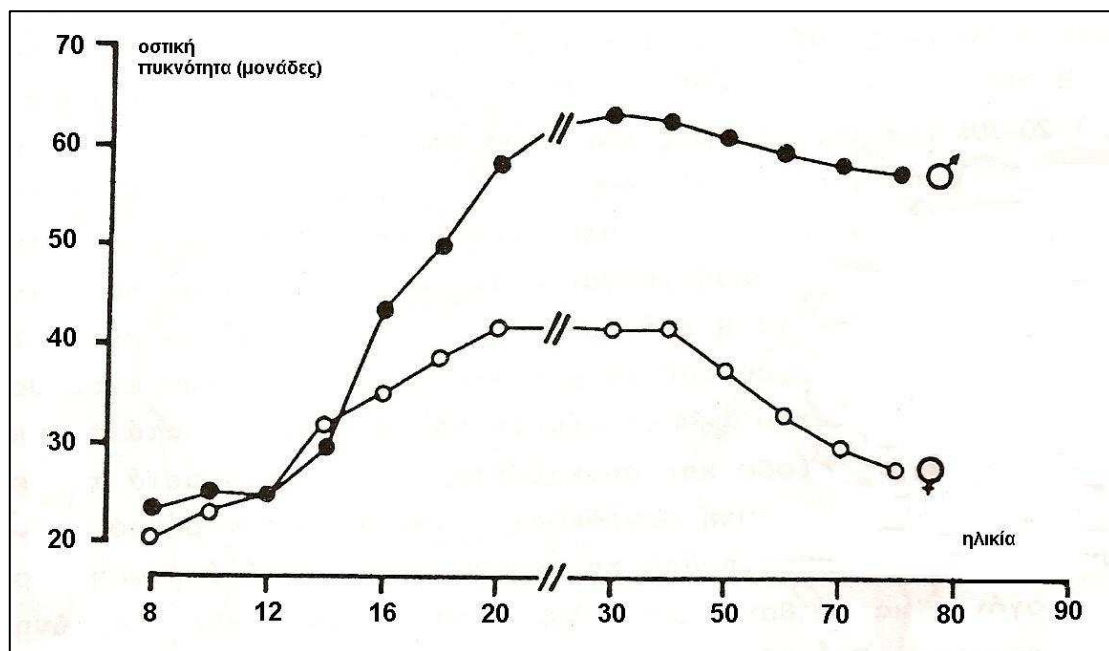
Ενεργοποιητές της οστικής ανακατασκευής και επομένως της οστικής απορρόφησης είναι η παραθορμόνη (PTH), οι προσταγλανδίνες της σειράς "E", ο ενεργός μεταβολίτης της βιταμίνης D και η θυρεοειδική ορμόνη. Οι κυτταροκίνες έχει αποδειχθεί επίσης ότι επηρεάζουν την οστική ανακατασκευή. Η ιντερλευκίνη 1 και 6 διεγείρουν την οστική απορρόφηση. Αντίθετα, οι ιντερφερόνες αναστέλλουν την οστική απορρόφηση. Άλλοι αναστολείς της οστικής απορρόφησης είναι η καλσιτονίνη, τα οιστρογόνα και ίσως και άλλες ορμόνες του φύλου.

Παράγοντες οι οποίοι αυξάνουν την οστεοβλαστική δραστηριότητα είναι οι αυξητικοί παράγοντες οι οποίοι προέρχονται από τα οστά, η ινσουλίνη, οι σωματομεδίνες, οι προσταγλανδίνες σε χαμηλή συγκέντρωση και ίσως η τεστοστερόνη και η προγεστερόνη. Ο ενεργός μεταβολίτης της βιταμίνης D θεωρείται ένας ουσιώδης παράγοντας (ο οποίος προάγει την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο) που εκτός από την ενεργοποίηση της οστικής απορρόφησης, μπορεί επίσης να ασκεί μια αναβολική δράση επί των οστεοβλαστών. Υπάρχουν μαρτυρίες ότι οι φυσικές παραμορφώσεις των οστών, ίσως μεταβάλλοντας τα τοπικά επιφανειακά ηλεκτρικά φορτία και προάγοντας την τοπική παραγωγή προσταγλανδινών, μπορεί να διεγείρουν τους οστεοβλάστες. Ποικίλες μορφές ηλεκτρικών ερεθισμάτων εφαρμόζονται στα οστά για να βοηθήσουν στην πόρωση των καταγμάτων. Τα κορτικοειδή σε φαρμακολογικές δόσεις αναστέλλουν τη δραστηριότητα των οστεοβλαστών.

1.14 Μεταβολές οστικής πυκνότητας με την ηλικία

Η οστική μάζα και η στενά συνδεδεμένη με αυτή ιδιότητα της αντοχής των οστών, μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της ζωής. Η οστική μάζα αυξάνει κατά τη διάρκεια ανάπτυξης και συνεχίζει να αυξάνει ακόμη κι όταν η ανάπτυξη σε ύψος σταματά, φτάνοντας στη μέγιστη ή κορυφαία οστική μάζα στην ηλικία των 25-30 ετών, κυρίως για το δοκιδώδες οστό (σπόνδυλοι) και των 35-40 ετών, κυρίως για το φλοιώδες οστό(μηριαίο). Μετά την ωρίμανση του σκελετού αρχίζει η απώλεια οστικής μάζας και συνεχίζει μέχρι την ηλικία των 85-90 ετών.

Η απώλεια οστικής μάζας σ' όλη τη διάρκεια της ζωής κυμαίνεται από 20-30% για τους άνδρες και πάνω από 45-50% για μερικές γυναίκες. Αυτή η μείωση της οστικής μάζας με την ηλικία αποδίδεται σε ανισορροπία κατά την οστική ανακατασκευή, η οποία αν και ελάχιστη για κάθε εστία ανακατασκευής, είναι εντούτοις αθροιστική και γενικευμένη σε όλο το σκελετό. Η ετήσια απώλεια οστικής μάζας είναι 1% περίπου. Οι γυναίκες παρουσιάζουν μια επιτάχυνση της απώλειας οστικής μάζας της τάξεως του 2-3% ετησίως, η οποία αρχίζει κατά την περιεμμηνόπαυση και συνεχίζεται 5-10 χρόνια μετά την εμμηνόπαυση. Η επιτάχυνση αυτή συνοδεύεται από αυξημένο ρυθμό ανανέωσης των οστών προκαλούμενη από τη μετεμμηνόπαυση έκπτωση παραγωγής οιστρογόνων και πιθανόν άλλων ορμονών, όπως προγεστερόνης. Ο ρυθμός απώλειας δοκιδώδους οστού υπερβαίνει εκείνη του φλοιώδους οστού μετά την εμμηνόπαυση.



Είναι προφανές ότι η μείωση της οστικής μάζας που σχετίζεται με την ηλικία, η μετεμμηνόπαυση επιτάχυνση απώλειας οστικής μάζας και η ευπάθεια της οστικής ανακατασκευής για ομοιοστατικές απαιτήσεις, συνδυάζονται για να επηρεάσουν το ποσό της οστικής μάζας σε κάθε δεδομένη στιγμή και προσδιορίζουν το μέγεθος της οστικής απώλειας, και κατά συνέπεια της οστεοπόρωσης. Ο κίνδυνος για κατάγματα αντανακλάται απ' αυτά τα φαινόμενα.

