

1

Οστά Βασικές γνώσεις

Ιδιότητες - Σύσταση του οστού	25
Διάπλαση των οστών	26
Αύξηση των οστών	27
Αρθρικός χόνδρος	27
Μεταβολισμός των οστών	27
Αυτόματη διόρθωση οστικής παραμόρφωσης	29
Βιολογική μηχανική	30
Κλινική εξέταση του ορθοπαιδικού αρρώστου	31
Παρακλινικός έλεγχος	32
Θεραπεία	35
Επανασυγκόλληση μελών που ακρωτηριάστηκαν	38
Βιβλιογραφία	39

Ιδιότητες – Σύσταση του οστού

Τα οστά του ανθρώπου συνδέονται μεταξύ τους με αρθρώσεις για να σχηματίσουν τον ανθρώπινο σκελετό και επιτελούν τις ακόλουθες βασικές λειτουργίες:

1. Στηρίζουν και προστατεύουν τα διάφορα όργανα.
2. Συμβάλλουν στην κίνηση του ανθρώπινου σώματος μαζί με τους μυς στους οποίους παρέχουν θέσεις πρόσφυσης.
3. Εναποθηκεύουν και προμηθεύουν ασβέστιο για τις ανάγκες του οργανισμού καθώς και φωσφόρο, μαγνήσιο και κάλιο, και
4. Αποτελούν (μυελός των οστών) μαζί με το ήπαρ και τον σπλήνα την κύρια πηγή αιμοποίησης.

Τα οστά δε βρίσκονται ποτέ σε μεταβολική αδράνεια. Σε όλη την διάρκεια της ζωής υφίστανται συνεχώς ένα είδος αποδόμησης και ανακατασκευής για να προσαρμοστούν σε καινούργιες μηχανικές συνθήκες που δημιουργούνται με την πάροδο του χρόνου.

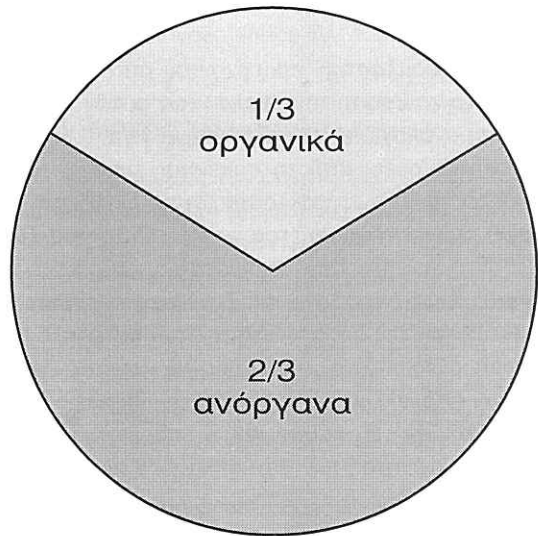
Μικροσκοπική σύσταση του οστού

Η οστική ουσία αποτελείται κατά το 1/3 (35%) από οργανικό τμήμα (organic component) και κατά τα 2/3 (65%) από ανόργανο τμήμα (inorganic component) (εικ. 1-1).

Το οργανικό τμήμα περιλαμβάνει τα κύτταρα (2%) και τη θεμέλια ουσία (98%) (organic matrix).

Τα κύτταρα του οστίτη ιστού είναι οι οστεοβλάστες, τα οστεοκύτταρα και οι οστεοκλάστες.

Η θεμέλια ουσία (οστεοειδές) αποτελείται κατά 95% από κολλαγονικές πρωτεΐνες (γλυκίνη-προλίνη-οξυπρολίνη) και κατά 5% από μη κολλαγονικές πρω-



Εικ. 1-1. Σχέση οργανικού προς ανόργανο τμήμα του οστού.

τεΐνες όπως είναι η οστεοκαλσίνη, οστεονεκτίνη, οστική πρωτεογλυκάνη κ.ά.

Η οστεοκαλσίνη είναι ειδική μη κολλαγονική οστική πρωτεΐνη και αποτελεί ένα ευαίσθητο δείκτη οστεοβλαστικής δραστηριότητας. Η αύξηση της οστεοκαλσίνης συνδυάζεται με αυξημένη παραγωγή οστού.

Οι **οστεοβλάστες** προέρχονται από μεσεγχυματικά κύτταρα των οποίων η ακριβής ταυτότητα δεν έχει ακόμη διευκρινισθεί. Αποτελούν τα οστεοπαραγωγικά κύτταρα που παράγουν τη θεμέλια ουσία. Επί πλέον παράγουν ουσίες με ρυθμιστικό ρόλο στις διάφορες λειτουργίες του οστού όπως είναι η αλκαλική φωσφα-

τάση, η κολλαγενάση, η ιντερλευκίνη-1, η προσταγλανδίνη E_2 κ.ά. Με την αύξηση της δραστηριότητας των οστεοβλαστών αυξάνει και το επίπεδο της αλκαλικής φωσφατάσης του ορού. Γι' αυτό η αλκαλική φωσφατάση όπως και η οστεοκαλσίνη χρησιμοποιούνται κλινικά ως δείκτες της οστεοβλαστικής δραστηριότητας.

Τα **οστεοκύτταρα** είναι οστεοβλάστες που έχουν περικλεισθεί από οστεοποιηθείσα μεσοκυττάρια ουσία. Τα οστεοκύτταρα επικοινωνούν μεταξύ τους με αποφυάδες που φέρονται μέσα στα οστικά σωληνάκια. Τα κύτταρα αυτά δεν αποτελούν ανενεργά στοιχεία του οστού, όπως πιστεύονταν παλιότερα, αλλά συμμετέχουν ενεργά στην ομοιοστάση του ασβεστίου, ενώ έχουν περιορισμένο ρόλο στην αποδόμηση και ανακατασκευή του οστού. Στη μεμβράνη των οστεοκλαστών και των οστεοκυττάρων υπάρχουν ξεχωριστοί υποδοχείς για την παραθορμόνη και την καλσιτονίνη, ενώ για τα γλυκοκορτικοειδή υπάρχουν υποδοχείς μέσα στον πυρήνα (intranuclear receptors). Αντίθετα δεν είναι βέβαιο αν υπάρχουν υποδοχείς για τα οιστρογόνα. Απλά υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξή τους.

Οι **οστεοκλάστες** προέρχονται από πρόδρομα κύτταρα (precursors) του μυελού των οστών. Στη μεγαλύτερη αναλογία είναι πολυπύρρηνα γιγαντοκύτταρα που σχηματίζονται από τη συνένωση μονοκυττάρων οστεοκλαστών. Οι οστεοκλάστες έχουν ως βασική λειτουργία την αποδόμηση του οστού. Ο χρόνος ζωής των οστεοκλαστών δεν είναι σαφώς καθορισμένος, φαίνεται όμως ότι φθάνει τις 7 ημέρες περίπου.

Η αύξηση της δραστηριότητας των οστεοκλαστών γίνεται κυρίως από την παραθορμόνη και κατά δεύτερο λόγο από άλλες ουσίες όπως η ιντερλευκίνη, η προσταγλανδίνη E_2 καθώς και η ηπαρίνη. Ελάττωση της δραστηριότητας των οστεοκλαστών προκαλεί την νόσο **οστεοπέτρωση**.

Ανόργανο τμήμα του οστού. Το ανόργανο τμήμα του οστού αποτελείται κυρίως από κρυστάλλους υδροξυαπατίτη: $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Το στοιχείο αυτό αρχικά εναποτίθεται πάνω στο οργανικό υπόστρωμα του οστού με τη μορφή αλάτων φωσφορικού ασβεστίου που στη συνέχεια μεταβάλλονται σε κρυστάλλους υδροξυαπατίτη. Το φωσφορικό ασβέστιο είναι επομένως το κύριο ανόργανο συστατικό του οστού (80-90%), ενώ υπάρχουν σε μικρότερη αναλογία και άλατα ανθρακικού ασβεστίου (8-10%), φωσφορικού μαγνησίου (1-2%), φθοριούχου και χλωριούχου ασβεστίου καθώς και αλκαλικά άλατα.

Η **μεσοκυττάρια ουσία** στα οστά έχει οργανικό (organic matrix) και ανόργανο τμήμα (inorganic matrix). Το οργανικό τμήμα αντιστοιχεί στη θεμέλια ουσία, ενώ το ανόργανο αποτελείται κυρίως από κρυστάλλους υδροξυαπατίτη.

Μακροσκοπική σύσταση

Τα μακρά οστά αποτελούνται από: 1) Το περίοστεο, 2) Την οστέινη ουσία, 3) Τον μυελό των οστών και 4) Τα αγγεία και τα νεύρα.

Το **περίοστεο** αποτελείται από δύο στιβάδες: την έξω ή ινοελαστική που είναι ο φορέας των αγγείων και των νεύρων και χρησιμεύει στην πρόσφυση των μυών και των τενόντων, και την έσω ή οστεογενετική (στιβάδα των οστεοβλαστών).

Η **οστέινη ουσία** διακρίνεται σε φλοιώδη και σπογγώδη.

Η φλοιώδης οστέινη ουσία αποτελείται από τα παρακάτω συστήματα ομόκεντρων πεταλιών, που σχηματίζουν την πεταλιώδη μορφή του οστού:

1. Το έξω ή περιφερικό
2. Το έσω ή περιμυελικό, που καλύπτεται εσωτερικά από το ενδόστεο ή εσωτερικό περίοστεο, και
3. Τα ενδιάμεσα που αποτελούνται από:

α) Τα συστήματα Havers ή οστεώνες, που είναι παράλληλα με τον επιμήκη άξονα του οστού και διαλαύνονται από σωλήνες που περιέχουν αγγεία και νεύρα, και

β) Τους σωλήνες του Volkmann, που και αυτοί είναι αγγειονευροφόροι, αλλά διαφέρουν από τους προηγούμενους στο ότι τα τοιχώματά τους δεν είναι ομόκεντρα, αλλά ακανόνιστα, και είναι τοποθετημένοι λοξά ή εγκάρσια έτσι ώστε να αναστομώνουν τους σωλήνες του Havers.

Η σπογγώδης οστέινη ουσία αποτελείται από οστέινα πετάλια και δοκίδες με ακανόνιστο προσανατολισμό. Ανάμεσα στα πετάλια και τις δοκίδες υπάρχουν χώροι που ονομάζονται μυελοκυψέλες.

Τα **αγγεία** των οστών ξεκινούν από το περίοστεο και τροφοδοτούν κυρίως τις εξωτερικές στιβάδες των οστών και από την τροφοφόρο αρτηρία που μπαίνει μέσα στη μάζα του οστού από το τροφοφόρο τμήμα και διακλαδίζεται σε ανερχόμενο και κατερχόμενο κλάδο. Η τροφοφόρος αρτηρία τροφοδοτεί τον μυελό των οστών, τις κεντρικές στιβάδες της φλοιώδους ουσίας και καταλήγει σε αγκύλες στην περιοχή της μετάφυσης. Οι **φλέβες** των οστών δε συνοδεύουν τις αρτηρίες, εκτός από την τροφοφόρο, ενώ αμφισβητείται η ύπαρξη λεμφικών αγγείων.

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 ύπαρξή τους στο περίοστεο.

Διάπλαση των οστών

Η διάπλαση των οστών γίνεται συνήθως σε τρία στάδια: το υμενώδες, το χόνδρινο και το τελικό (ώριμο

οστούν). Εξαιρέση αποτελούν τα περισσότερα οστά του κρανίου και η κλείδα, που περνούν κατευθείαν από το υμενώδες στο τελικό στάδιο (υμενογενή οστά).

Η οστεοποίηση, τόσο στα υμενογενή όσο και στα χονδρογενή οστά, αρχίζει σε μια καθορισμένη χρονική περίοδο της ανάπτυξης και από ορισμένα σημεία που ονομάζονται *πυρήνες οστέωσης*. Για τα μακρά αυλοειδή οστά οι πυρήνες αυτοί είναι τρεις, ένας για τη διάφυση και δύο για τις επιφύσεις, εκτός από τα επιμήκη οστά χεριού και ποδιού που έχουν μία επίφυση και επομένως μόνο δύο πυρήνες οστέωσης. Το 1° μετακάρπιο και μετατάρσιο έχουν την επίφυση κεντρικά, ενώ τα άλλα 4 περιφερικά. Από το χρόνο που εμφανίζονται οι πυρήνες οστέωσης μπορεί να καθορισθεί ακτινολογικά η σκελετική ηλικία ενός ατόμου.

Αύξηση των οστών

Η αύξηση των οστών σε μήκος και πάχος γίνεται με την εναπόθεση νέων στιβάδων πάνω στις προϋπάρχουσες. Η αύξηση σε πάχος γίνεται από το περίοστεο. Η αύξηση σε μήκος ειδικά στα μακρά οστά γίνεται από το συζευκτικό ή αυξητικό χόνδρο (*growth plate*), που οι παραγωγικές του στιβάδες βρίσκονται προς την επίφυση, ενώ οι στιβάδες οστέωσης προς τη μετάφυση.

Η αύξηση ενός μακρού οστού δε γίνεται σε ίση αναλογία και στα δύο του άκρα. Έτσι τα κάτω άκρα αυξάνονται περισσότερο από τους συζευκτικούς χόνδρους που είναι κοντά στο γόνατο, ενώ τα άνω άκρα από αυτούς που είναι μακριά από τον αγκώνα. Ειδικότερα η κάτω επίφυση του μηριαίου και η άνω της κνήμης συμβάλλουν στην κατά μήκος αύξηση αυτών των οστών κατά 60%, ενώ η κεντρική επίφυση του βραχιονίου κατά 80%.

Βλάβη του συζευκτικού χόνδρου προκαλεί διαταραχή στην ανάπτυξη του οστού. Αν η καταστροφή του συζευκτικού χόνδρου είναι πλήρης, τότε αναστέλλεται η αύξηση του οστού. Αν αφορά σε ένα τμήμα μόνο, τότε προκαλείται απόκλιση του αξόνα του οστού. Η αύξηση σε μήκος των οστών συμπληρώνεται στα κορίτσια στην ηλικία των 14-16 χρόνων και στα αγόρια στην ηλικία των 16-18 χρόνων.

Αρθρικός χόνδρος

Ο αρθρικός χόνδρος είναι ένας λείος λευκός ελαστικός ιστός που καλύπτει τα άκρα των οστών τα οποία σχηματίζουν μια άρθρωση. Αποτελείται κυρίως από νερό, κολλαγόνο και χονδροκύτταρα και σε μικρή αναλογία από λιπίδια, πρωτεογλυκάνες και ανόργανα άλατα. Στερείται αγγείων και τρέφεται από το αρθρικό υγρό που παράγεται από τον αγγειοβριθή αρθρικό υμένα (διήθημα αίματος). Το αρθρικό υγρό επί πλέον είναι απαραίτητο για τη λίπανση των αρθρικών επιφα-

νείων που επιτυγχάνεται με τις γλυκοπρωτεΐνες και το υαλουρονικό οξύ που περιέχει. Έτσι ο αρθρικός χόνδρος λόγω της σύστασής του, της λείας επιφάνειάς του, καθώς και της λιπαντικής ιδιότητας του αρθρικού υγρού, επιτρέπει την ομαλή κίνηση των αρθρικών επιφανειών με απίστευτα χαμηλό συντελεστή τριβής (30% μικρότερος από την πιο τέλεια τεχνητή άρθρωση).

Η κίνηση μιας άρθρωσης αποτελεί βασικό παράγοντα για τη διατήρηση της ζωτικότητας και λειτουργικότητας του χόνδρου καθώς και της αναπλαστικής του ικανότητας.

Ο χόνδρος που καλύπτει τις αρθρικές επιφάνειες των οστών είναι υαλοειδής (*hyaline cartilage*) και αποτελείται από κολλαγόνο τύπου II σε αντίθεση με τα οστά που περιέχουν κολλαγόνο τύπου I.

Ο υαλοειδής χόνδρος, όταν υποστεί βλάβη, αντικαθίσταται από ινώδη χόνδρο που περιέχει κολλαγόνο τύπου III και είναι λιγότερο ανθεκτικός από τον υαλοειδή χόνδρο.

Ο ινώδης χόνδρος (*fibrocartilage*) απαντάται στους χόνδρους του αυτιού και της μύτης και αποτελείται από κολλαγόνο τύπου IV.

Μεταβολισμός των οστών

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

Α. Τροφικοί παράγοντες: Είναι απαραίτητοι για τη σύνθεση του οργανικού υποστρώματος (λευκώματα, βιταμίνες A και C) και την οστεοποίησή του (Ca, P και η βιταμίνη D, που από πολλούς, εν τούτοις, θεωρείται ως ουσία που δρα ορμονικά).

Ασβέστιο: Το ασβέστιο (φωσφορικό Ca), όπως έχει λεχθεί, αποτελεί το 80-90% του ανόργανου τμήματος ενός οστού.

Στον ενήλικα μέσου βάρους, η ποσότητα του ασβεστίου φθάνει τα 1000 gr περίπου. Από την ποσότητα αυτή μόνο το 1% βρίσκεται στο αίμα, ενώ το υπόλοιπο στα οστά.

Στην ομοιοστασία του ασβεστίου συμβάλλουν τρία όργανα: Το έντερο, τα οστά και οι νεφροί. Τα όργανα αυτά επηρεάζονται από τη δράση διαφόρων ορμονών του οργανισμού, όπως είναι η παραθορμόνη (PTH), η καλσιτονίνη, τα οιστρογόνα, η βιταμίνη D και οι ορμόνες του θυροειδούς αδένος (T₃, T₄).

Η απορρόφηση του ασβεστίου, που προσλαμβάνεται με τις τροφές, γίνεται στο δωδεκαδάκτυλο με ενεργητική διαδικασία μεταφοράς και στη νήστιδα (α' μοίρα λεπτού εντέρου) με το μηχανισμό της διάχυσης, μετά από σύνδεσή του με μια πρωτεΐνη. Η παρουσία της βιταμίνης D είναι απαραίτητη για την απορρόφηση του ασβεστίου. Ο τρόπος δράσης της συνίσταται σε επίδραση στο βλεννογόνο του εντέρου με αποτέλε-

σμα την παραγωγή πρωτεΐνης που συνδέεται με το ασβέστιο, αυξάνοντας έτσι την ενεργητική απορρόφηση του.

Από τα 10 gr ασβεστίου που βρίσκονται στον ορό του αίματος το 50% είναι συνδεδεμένο με τη μορφή φωσφορικών ή κιτρικών αλάτων και το υπόλοιπο 50% είναι με τη μορφή ελευθέρων ιόντων (Ca^{++}).

Από τα 800-1000 mg που προσλαμβάνονται με τις τροφές σ' ένα ενήλικα, απορροφώνται μόνο τα 300-400 mg. Απ' αυτά τα 100-200 mg εκκρίνονται και πάλι στο έντερο και επομένως μένουν μόνο 200 mg για να χρησιμοποιηθούν απ' τον οργανισμό, ενώ τα υπόλοιπα 800 mg αποβάλλονται δια των κοπράνων.

Δια των νεφρών διηθούνται 10 gr ασβεστίου ημερησίως, από τα οποία επαναρροφώνται τα 9,8 gr. Έτσι, δια των ούρων αποβάλλονται 200 mg ασβεστίου ημερησίως. Με τον τρόπο αυτό διατηρείται ισοζύγιο μεταξύ απορροφούμενου και αποβαλλομένου ασβεστίου στον ενήλικα (εικ. 1-2).

Την πρώτη και δεύτερη δεκαετία της ζωής ο αυξανόμενος οργανισμός έχει ανάγκη ημερησίως 1200 mg ασβεστίου. Την ίδια περίοδο μέχρι την τρίτη δεκαετία ο οργανισμός έχει θετικό ισοζύγιο ασβεστίου, μέχρις ότου φθάσει την κορυφαία οστική μάζα (peak bone mass), περίπου στην ηλικία των 35 ετών. Από την τετάρτη δεκαετία και μετά η οστική αποδόμηση είναι μεγαλύτερη της οστικής αναδόμησης με αποτέλεσμα την προοδευτική ελάττωση της οστικής μάζας.

Το ασβέστιο επίσης εκτός από τη συμμετοχή του στην κατασκευή των οστών είναι απαραίτητο και για άλλες λειτουργίες όπως: η νευρομυϊκή διεγερσιμότητα, η πήκτικότητα του αίματος, η ακεραιότητα των μεμβρανών των κυττάρων κ.ά. Έχει αποδειχθεί ότι πε-

ρίπου το 1/5 του ασβεστίου των οστών μεταβολίζεται κάθε χρόνο χωρίς να γίνεται μακροσκοπικά αντιληπτό.

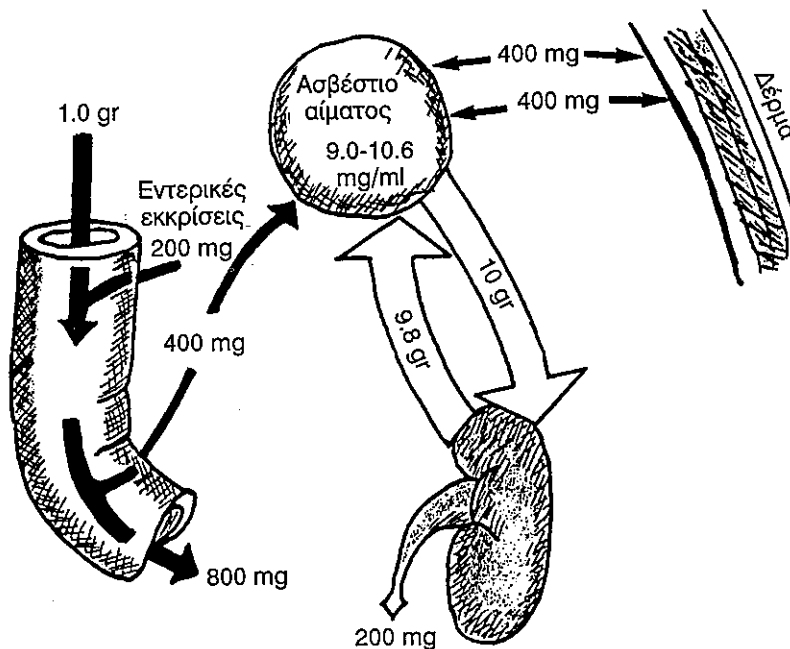
Η συνήθης διατροφή ενός ενήλικα στις χώρες της δύσης περιέχει περίπου 600-1000 mg ασβεστίου και προέρχεται κυρίως από το γάλα (1 κυβ. εκ. γάλα περιέχει 1 χιλ. ασβέστιο, 1 mg/ml).

Φωσφόρος: Μετά το ασβέστιο ο φωσφόρος είναι το πιο σημαντικό στοιχείο του οργανισμού που συμμετέχει στη φυσιολογική ανάπτυξη και λειτουργία του σκελετού. Ο οργανισμός ενός φυσιολογικού ενήλικα περιέχει περίπου 700-900 gr φωσφόρου από τα οποία το 80-85% βρίσκονται στο σκελετό και περίπου το 10% στους μύς.

Η συνήθης τροφή ενός ενήλικα περιέχει περίπου 1000 mg φωσφόρου.

Η οξεία αύξηση του φωσφόρου στο αίμα προκαλεί δευτεροπαθή υπασβεστιαμία που έχει ως αποτέλεσμα την τετανία ή και σπασμούς. Αντίθετα η ελάττωση προκαλεί οστεομαλάκυνση και ραχίτιδα.

Βιταμίνη D: Α) Προέλευση. 1. Εξωγενής: λαμβάνεται με την τροφή ως βιταμίνη D_2 ή εργοκαλσιφερόλη. 2. Ενδογενής: δημιουργείται στο δέρμα από την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλιακού φωτός, η οποία μεταβάλλει την 7 διυδροχοληστερόλη σε βιταμίνη D_3 ή χοληκαλσιφερόλη. Οι δυο αυτές βιταμίνες D διαφέρουν ελάχιστα χημικά και έχουν την ίδια δράση. Η βιταμίνη D_3 περνά στη συνέχεια ενωμένη με λεύκωμα από το ήπαρ και μεταβάλλεται (υδροξυλιούται) σε προορμόνη, την 25 υδροξυ-βιταμίνη D ή καλσιφεντιόλη (calcifediol). Η τελευταία περνά από τους νεφρούς και υδροξυλιούται με τη δράση του ενζύμου υδροξυλάση L σε 1,25 διυδροξυχοληκαλσιφερόλη ή



Εικ. 1-2. Μεταβολισμός του ασβεστίου στον ανθρώπινο οργανισμό.

καλσιτριόλη, η οποία αποτελεί τη δραστική μορφή της βιταμίνης D.

Δράση: Η βιταμίνη D. 1. Διευκολύνει (καλσιτριόλη) την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο με την παραγωγή ειδικής πρωτεΐνης. 2. Αυξάνει την επαναπορρόφηση του ασβεστίου από τους νεφρούς. 3. Συμβάλλει μαζί με την παραθορμόνη στην επασβεστώση του οστεοειδούς καθώς και στη διατήρηση σταθερού επιπέδου ιονισμένου ασβεστίου στο εξωκυττάριο υγρό.

Β. Ορμονικοί παράγοντες: Σ' αυτούς 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, δηλαδή τα οιστρογόνα και τα ανδρογόνα, επιταχύνουν προσωρινά την κατά μήκος αύξηση του οστού. Επειδή όμως συγχρόνως επιταχύνουν και τη σύγκλιση του συζευκτικού χόνδρου, επηρεάζουν αρνητικά την τελική ανάπτυξη του ατόμου.

Παραθορμόνη. Η παραθορμόνη παράγεται από τα παραθυροειδή σωμάτια. Η κύρια δράση της συνίσταται στη διατήρηση του ιονισμένου ασβεστίου και του φωσφόρου του αίματος σε σταθερά επίπεδα. Ερέθισμα για την έκκριση της παραθορμόνης είναι το επίπεδο του ιονισμένου ασβεστίου στο εξωκυττάριο υγρό. Όταν το επίπεδο των ιόντων ασβεστίου πέφτει, αυξάνεται η παραγωγή της παραθορμόνης, ενώ όταν το ιονισμένο ασβέστιο αυξάνεται πάνω από τα φυσιολογικά επίπεδα, η έκκριση της παραθορμόνης ελαττώνεται.

Οι μηχανισμοί με τους οποίους επιτυγχάνει τον ρόλο της η παραθορμόνη είναι:

1. Αυξάνει την οστεόλυση με την ενεργοποίηση των οστεοκλαστών, οι οποίοι απελευθερώνουν ασβέστιο και φωσφόρο στο εξωκυττάριο υγρό.

2. Αυξάνει την επαναπορρόφηση του ασβεστίου από τα νεφρικά σωληνάκια (καθώς και του μαγνησίου) και ελαττώνει έτσι την απώλεια του ασβεστίου δια των ούρων.

3. Ελαττώνει την επαναπορρόφηση του φωσφόρου και των διττανθρακικών από τα νεφρικά σωληνάκια αυξάνοντας την αποβολή τους. Αυτό βοηθάει τον οργανισμό να απαλλαγεί από το φωσφόρο που απελευθερώνεται από τα οστά, ο οποίος μπορεί να ελαττώσει τα ιόντα ασβεστίου στο εξωκυττάριο υγρό.

4. Ενεργοποιεί την L υδροξυλάση στους νεφρούς δια της οποίας αυξάνει τη σύνθεση της ενεργού μορφής της βιταμίνης D, δηλαδή της καλσιτριόλης και επειδή η τελευταία είναι απαραίτητη για την απορρόφηση του ασβεστίου από το έντερο, μπορεί να λεχθεί ότι η παραθορμόνη αυξάνει την απορρόφηση του

ασβεστίου από το έντερο.

Καλσιτονίνη. Η καλσιτονίνη είναι ορμόνη που ανακαλύφθηκε πρόσφατα (1961). Εκκρίνεται κυρίως απ' τα παραθυλακίωδη κύτταρα (c-cells) του θυροειδούς αδένου. Μικρές ποσότητες καλσιτονίνης υπάρχουν επίσης στο θύμο αδένου, στην υπόφυση, στο έντερο, στο ήπαρ και στο εγκεφαλονωτιαίο υγρό, η σπουδαιότητα των οποίων είναι αδιευκρίνιστη. Βιολογικά, η καλσιτονίνη είναι ένα πολυπεπτιδίο αποτελούμενο από μία άλυσο 32 αμινοξέων.

Η αύξηση του επιπέδου του ασβεστίου στο αίμα αποτελεί ερέθισμα για έκκριση της καλσιτονίνης. Στα οστά η καλσιτονίνη δρα αναστέλλοντας την οστεόλυση, με την ελάττωση του αριθμού και της δραστηριότητας των οστεοκλαστών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση του ιονισμένου Ca^{++} στο αίμα και την παροδική υπεροχή της αναδόμησης του οστού σε σχέση με την αποδόμηση.

Η δράση της καλσιτονίνης εκδηλώνεται επίσης στα νεφρικά σωληνάκια και συνίσταται σε ελάττωση της επαναπορρόφησης του ασβεστίου και του φωσφόρου.

Καταστάσεις που συνοδεύουν την έλλειψη καλσιτονίνης ή την υπερπαραγωγή καλσιτονίνης (μυελώδες καρκίνωμα του θυροειδούς) δεν προκαλούν μεταβολικές διαταραχές, γνωστές τουλάχιστον μέχρι σήμερα. Οι κύριες φαρμακολογικές χρήσεις της καλσιτονίνης είναι: στη νόσο του Paget, στην οστεοπόρωση και σε υπερασβεστιαϊκές καταστάσεις.

Τα *γλυκοκορτικοειδή* αναστέλλουν την αύξηση σε μήκος των οστών σε νεαρά άτομα, ενώ σε ενήλικες προκαλούν οστεοπόρωση διότι: 1. Εμποδίζουν την απορρόφηση του Ca από το έντερο (αναστολή σύνθεσης λευκωμάτων), 2. Αυξάνουν την αποβολή του Ca από τους νεφρούς και 3. Δημιουργούν δευτεροπαθή υπερπαραθυροειδισμό.

Γ. Μηχανικοί παράγοντες: μηχανικοί παράγοντες (συνολική μυών – κίνηση – βαρύτητα) είναι απαραίτητοι: 1. Για τη μεταβολή του ανώριμου οστίτη ιστού σε ώριμο, που γίνεται με προσανατολισμό των οστικών πεταλιών και δοκίδων. 2. Για τη διατήρηση των αλάτων στα οστά (αντίθετα σε περίπτωση ακινητοποίησης έχουμε αφαλάτωση). 3. Για τη διαμόρφωση του σχήματος των οστών, ιδιαίτερα στη βρεφική ηλικία.

Αυτόματη διόρθωση οστικής παραμόρφωσης (Remodeling = ανακατασκευή)

Η αυτόματη διόρθωση της οστικής παραμόρφωσης είναι μια πολύπλοκη και μακροχρόνια διεργασία με την οποία ο οργανισμός:

1. Κατορθώνει να διατηρεί το σχήμα των οστών περίπου ίδιο – παρά την αύξηση των διαστάσεών τους – από τη γέννηση μέχρι το θάνατο και