

ΑΔΑΜΑΝΤΙΝΗ

1.1 Γενικά

Η αδαμαντίνη περιβάλλει το μυλικό τμήμα των δοντιών και έχει ως κύριο ρόλο την προστασία της υποκείμενης οδοντίνης και του πολφού από τα εξωτερικά βλαπτικά ερεθίσματα που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία του στοματογναθικού συστήματος. Εμβρυολογικά προέρχεται από το έξω βλαστικό δέρμα. Η αδαμαντίνη διαφέρει από τους άλλους ενασβεστιωμένους ιστούς (οστίτη, οδοντίνη) σε 4 χαρακτηριστικά γνωρίσματα:

- είναι ο πλέον ενασβεστιωμένος και σκληρότερος ιστός του σώματος
- αποτελεί τον μόνο ενασβεστιωμένο ιστό επιθηλιακής προέλευσης
- είναι ο μόνος ιστός που δεν περιέχει κύτταρα ή κυτταρικά στοιχεία
- δεν απορροφάται, δεν ανασχηματίζεται και δεν αναγεννάται.

Το πάχος της αδαμαντίνης δεν είναι ομοιόμορφο σε όλη τη μυλική επιφάνεια των δοντιών. Ανάλογα με τον τύπο του δοντιού, το πάχος στα φύματα της μασητικής επιφάνειας μπορεί να φθάσει τα 2,5 χιλιοστά, ενώ στην υπόλοιπη μασητική επιφάνεια τα 1,8-2 χιλιοστά. Το πάχος της μειώνεται προοδευτικά στις αξονικές επιφάνειες των δοντιών μέχρι που σχεδόν μηδενίζεται στον αυχένα τους.

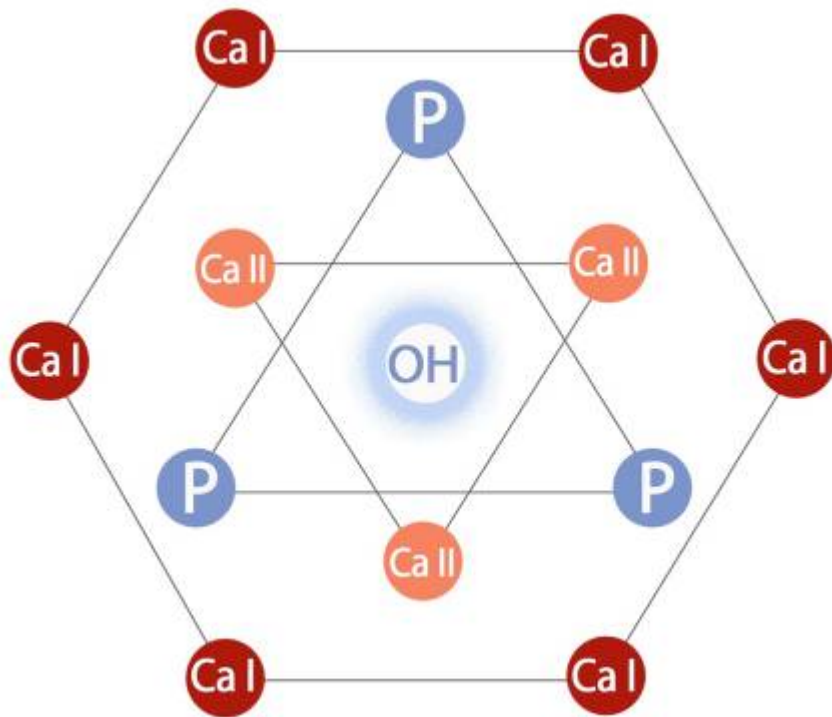
1.2 Χημική σύσταση

Η αδαμαντίνη αποτελείται από **ανόργανα συστατικά** σε ποσοστό 95% του βάρους της, από **οργανικά** σε ποσοστό 1-2%, ενώ το υπόλοιπο 2-4% είναι **νερό**.

Ανόργανα συστατικά

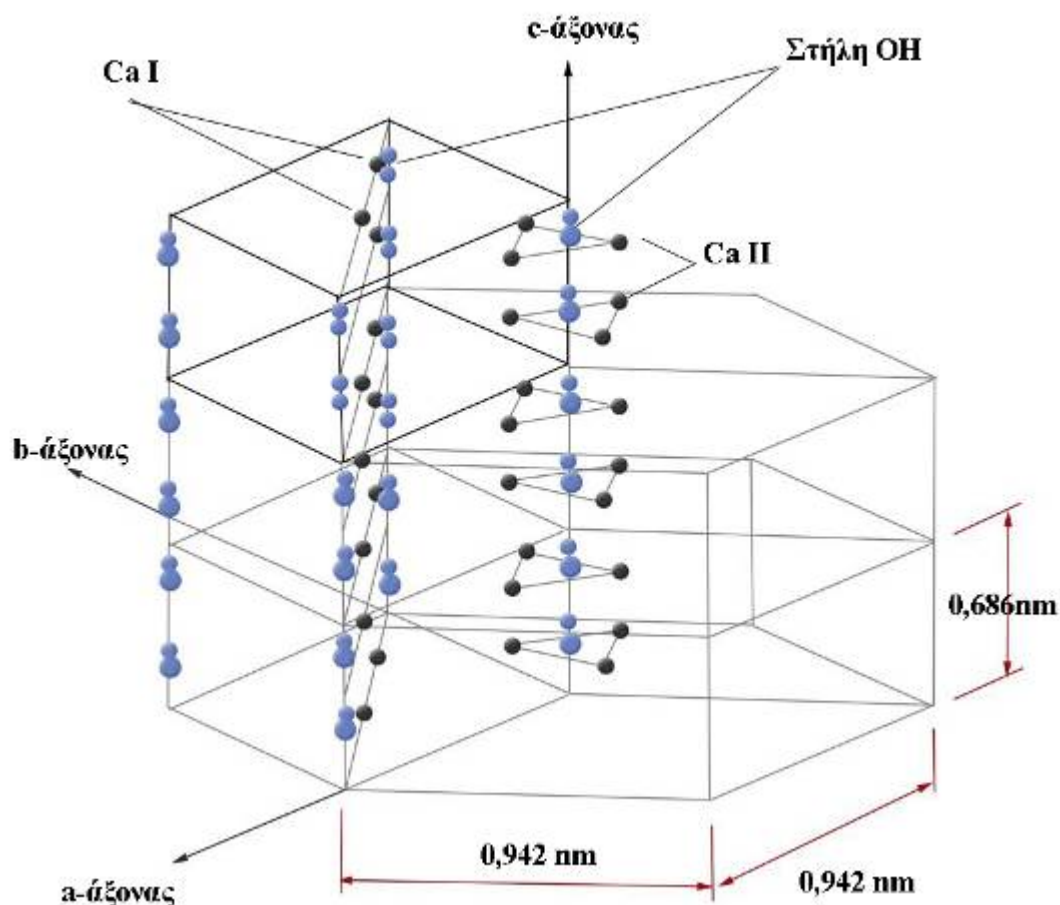
Το φωσφορικό ασβέστιο με τη μοριακή μορφή του υδροξυαπατίτη αποτελεί το κυρίως ανόργανο συστατικό της αδαμαντίνης. Ο υδροξυαπατίτης εμφανίζει το μοριακό τύπο $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$. Οι κρύσταλλοι του υδροξυαπατίτη της αδαμαντίνης έχουν μεγάλο μήκος (μέχρι και 1 mm), εύρος 50 nm και πάχος 25 nm.

Οι υδροξυαπατίτες ανήκουν στα εξαγωνικά συστήματα των κρυσταλλικών πλεγμάτων. Εμφανίζουν 3 κρυσταλλογραφικούς άξονες, όπου ο c άξονας είναι ο μεγαλύτερος. Τα ιόντα Ca^{+2} διατάσσονται σε δύο ομάδες: α) η μια ομάδα σχηματίζει σειρές από εξάγωνα (Ca I) και β) η δεύτερη ομάδα βρίσκεται στο εσωτερικό του εξάγωνου και είναι διατεταγμένη σε τρίγωνα (Εικ 1).



Εικόνα 1. Η κρυσταλλική δομή του υδροξυαπατίτη σε οριζόντια διατομή. Η διάταξη των ιόντων Ca και P γύρω από τον κεντρικό άξονα των ιόντων OH.

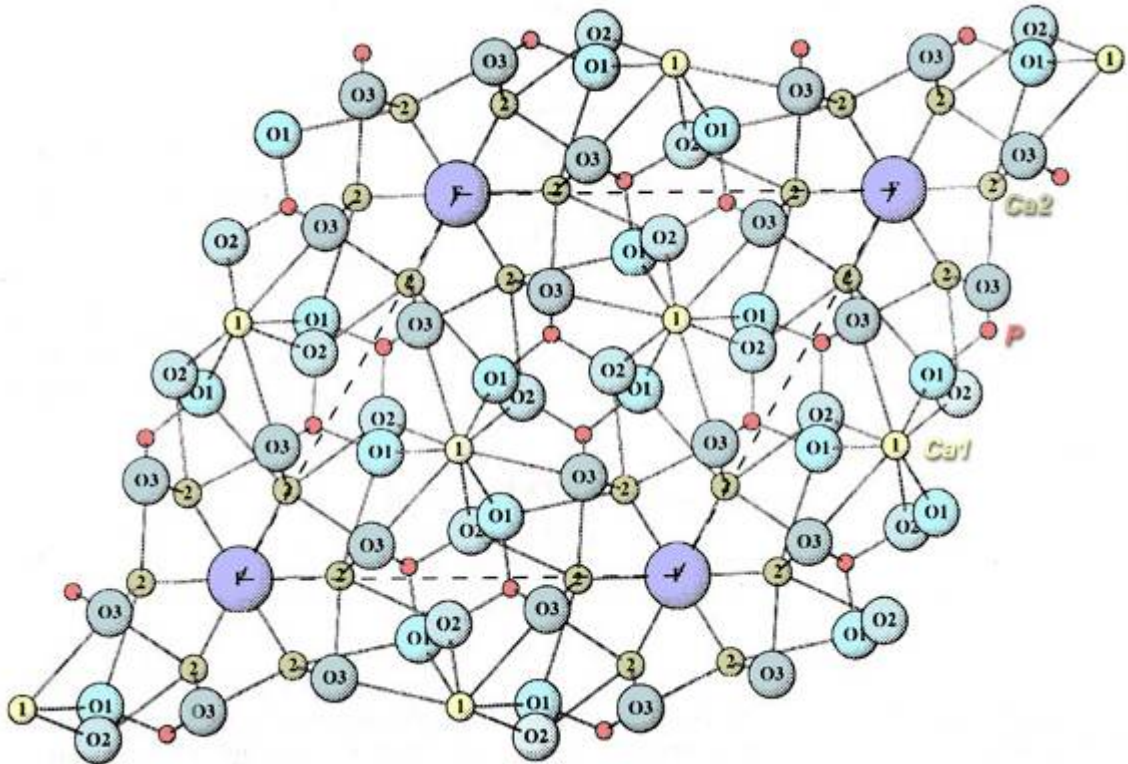
Τα τρίγωνα αυτά είναι παράλληλα το ένα στο άλλο αλλά με στροφή 60° μεταξύ των γειτονικών, κατά μήκος του c άξονα (Εικ. 2).



Εικόνα 2. Η τρισδιάστατη κρυσταλλική δομή του υδροξυαπατίτη .

Τα φωσφορικά ιόντα είναι τοποθετημένα σε δυο τετράεδρα (το καθένα από αυτά συνίσταται από το άτομο του φωσφόρου και τα 4 άτομα οξυγόνου). Αυτά είναι κατανομημένα μεταξύ 2 ατόμων Ca II κατά τέτοιο τρόπο ώστε το ένα άτομο φωσφόρου και τα 3 άτομα οξυγόνου να βρίσκονται πάνω από το επίπεδο του ασβεστίου και το άλλο άτομο οξυγόνου να βρίσκεται κάτω από αυτό το επίπεδο, ενώ το άλλο τετράεδρο διατάσσεται κατά την αντίστροφη φάση (δηλαδή το ένα άτομο οξυγόνου πάνω από το επίπεδο του Ca II και τα άλλα 3 κάτω) Εικ. 2

Τα ιόντα υδροξυλίου τοποθετούνται μέσα στο τρίγωνο των Ca II. Τα ιόντα αυτά είναι ασύμμετρα και τοποθετούνται είτε ως HO-, είτε ως -OH κατά μήκος του c άξονα. Στην εικόνα 3 φαίνεται η διάταξη των στοιχείων στο κρύσταλλο του υδροξυαπατίτη.



Εικόνα 3. Η διάταξη των ιόντων στο μόριο του υδροξυαπατίτη.

Ωστόσο, ο υδροξυαπατίτης της αδαμαντίνης δεν απαντάται σε καθαρή μορφή. Αυτό έχει ως συνέπεια να περιέχει, συνήθως, λιγότερα άτομα ιόντων Ca αλλά και OH σε σχέση με την καθαρή μορφή του. Διάφορα εξωτερικά ιόντα όπως, τα ιόντα C, Na, F και άλλα εισέρχονται στο κρύσταλλο και σχηματίζουν μια μη καθαρή μορφή του κρυστάλλου σε σχέση με τον στοιχειομετρικό απατίτη. Για αυτό το λόγο, η στοιχειομετρία του υδροξυαπατίτη της αδαμαντίνης αποδίδεται με το μοριακό τύπο $(Ca)_{4.53}(Mg)_{0.04}(Na)_{0.03}(HPO_4)_{0.15}(CO_3)_{0.23}(PO_4)_{2.69}(OH,F)_{0.41}$. Οι χημικές αυτές

υποκαταστάσεις έχουν ως συνέπεια τη διαφοροποίηση της συμπεριφοράς του κρυστάλλου που συνιστά την αδαμαντίνη έναντι του καθαρού υδροξυαπατίτη, ιδιαίτερα της διαλυτότητα του στο χαμηλό pH. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο υδροξυαπατίτης της αδαμαντίνης εμφανίζει **μεγαλύτερη διαλυτότητα σε χαμηλό pH** σε σύγκριση με τον καθαρό απατίτη. Οι χημικές αυτές υποκαταστάσεις είναι συχνότερες στην επιφάνεια, σε σχέση με το εσωτερικό του κρυστάλλου.

Τα ιόντα F του υδροξυαπατίτη γεμίζουν του κενούς χώρους των ιόντων υδροξυλίου (OH) στις στήλες του c-άξονα ή τα αντικαθιστούν. Το ισχυρό φορτίο σε συνδυασμό με τη συμμετρία του ατόμου, οδηγεί σε πυκνότερη δομή τα ιόντα F μέσα στο τρίγωνο Ca II. Αυτό έχει ως συνέπεια τη μείωση της κρυσταλλικής ενέργειας, τη σταθεροποίηση της κρυσταλλικής δομής και τη μείωση της διαλυτότητας του κρυστάλλου. Έτσι, οι **φθοριομένοι απατίτες διαλύονται πιο δύσκολα σε χαμηλό pH, αλλά και ανασχηματίζονται πιο εύκολα.**

Τα ανθρακικά ιόντα μπορεί να αντικαταστήσουν είτε τα ιόντα OH (τύπος A), είτε τα φωσφορικά (τύπος B). Αυτό εξαρτάται καθαρά από τις τοπικές συνθήκες σε pCO_2 που επικρατούν κατά τη κρυσταλλική ανάπτυξη. Έχει διαπιστωθεί ότι κατά την υποκατάσταση των φωσφορικών ιόντων από τα ανθρακικά, ταυτόχρονα συμβαίνει και υποκατάσταση των ιόντων Ca από ιόντα Na. Η ύπαρξη των ανθρακικών ιόντων στο κρύσταλλο, λόγω του ατελούς ταιριάσματος στο πλέγμα, δημιουργεί μια λιγότερο σταθερή δομή και περισσότερο ευδιάλυτη στην επίδραση οξέων. Αυτό σε συνδυασμό με τα περισσότερα ιοντικά κενά που υπάρχουν στο κρυσταλλικό πλέγμα, έχει σαν αποτέλεσμα τον υψηλότερο βαθμό διαλυτότητας της αδαμαντίνης σε σχέση με τον καθαρό απατίτη.

Τα ιόντα Mg υποκαθιστούν σε περιορισμένο βαθμό (0,3 % περίπου) τα ιόντα Ca στο κρυσταλλικό πλέγμα. Η ενσωμάτωση των ιόντων αυτών στο πλέγμα έχει ως

αποτέλεσμα την αποσταθεροποίηση του πλέγματος και τις ίδιες αρνητικές συνέπειες στη διαλυτότητα όπως περιγράφηκε παραπάνω με την ενσωμάτωση των ανθρακικών ιόντων.

Ωστόσο, ο υδροξυαπατίτης δεν αποτελεί τη μοναδική κρυσταλλική μορφή του φωσφορικού ασβεστίου που συναντάται στην αδαμάντινη, αλλά έχουν απομονωθεί και άλλες μορφές του όπως, ο βρουζίτης $[\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, το β-φωσφορικό τριασβέστιο $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ και το φωσφορικό οκτασβέστιο $[\text{Ca}_8(\text{PO}_4)_4(\text{HPO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$.

Τα υπόλοιπα ανόργανα στοιχεία που έχουν απομονωθεί από την αδαμαντίνη (χλώριο, νάτριο, μαγνήσιο, σίδηρος, φθόριο, μόλυβδος, πυρίτιο, βανάδιο, στρόντιο κ.λ.π.), δεν υπερβαίνουν συνολικά το 2% του βάρους της αδαμαντίνης.

Οργανικά συστατικά

Το οργανικό υπόστρωμα της αδαμαντίνης αποτελείται από δυο ομάδες πρωτεϊνών: α) τις πρωτεΐνες που ανήκουν στην ομάδα των **αμελογενινών (amelogenins)** και β) σε αυτές που δεν ανήκουν στην ομάδα των αμελογενινών, **τις μη-αμελογενίνες (non-amelogenis)** όπως η ταφτελίνη, η αμελοβλαστίνη, η εναμελίνη και οι αδαμαντινικές πρωτεάσες.

Οι αμελογενίνες αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεϊνών (~90%) που παράγονται από τις αδαμαντινοβλάστες. Η ανθρώπινη αμελογενίνη κωδικοποιείται κυρίως από ένα μόνο γονίδιο που βρίσκεται στο χρωμόσωμα X, αν και έχει βρεθεί και ένα άλλο ομόλογο γονίδιο στο Y χρωμόσωμα, το οποίο είναι υπεύθυνο για την πολύ μικρή έκφραση (~10%). Οι αμελογενίνες είναι υδρόφοβες πρωτεΐνες, πλούσιες στα αμινοξέα προλίνη, γλουταμίνη, λευκίνη και ιστιδίνη. Ο λειτουργικός τους ρόλος είναι στο σχηματισμό της αδαμαντίνης και στη ρύθμιση του σχήματος και του μεγέθους των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη.

Οι ταφτελίνες (tuftelins). Οι πρωτεΐνες αυτές δεν εκφράζονται μόνο στην αδαμαντίνη, αλλά και σε άλλα όργανα (νεφρό, ήπαρ, πνεύμονα κλπ). Η ανθρώπινη ταφτελίνη κωδικοποιείται από γονίδια που βρίσκονται στο χρωμόσωμα 1. Η έκφραση της γίνεται νωρίς στο στάδιο της οδοντικής καταβολής (bud stage), λίγες ημέρες πριν την έναρξη της ενασβεστίωσης. Πρόκειται για ανιονική πρωτεΐνη και ο ρόλος της είναι ότι δρα ως πυρήνας ενασβεστίωσης και ρυθμίζει μαζί με άλλες πρωτεΐνες τη διαφοροποίηση και την έκφραση των αδαμαντινοβλαστών.

Οι αμελοβλαστίνες (ameloblastins). Αποτελούν μικρό ποσοστό (~5%) των πρωτεϊνών που ανήκουν στην ομάδα των μη-αμελογενινών. Η ανθρώπινη αμελοβλαστίνη κωδικοποιείται από γονίδια που βρίσκονται στο βραχύ σκέλος του χρωμοσώματος 21 (4q21). Πρόκειται για πρωτεΐνες ανιονικές, πλούσιες στα αμινοξέα προλίνη, γλυκίνη και λευκίνη. Οι πρωτεΐνες αυτές συμμετέχουν στη διάπλαση και την ενασβεστίωση της αδαμαντίνης.

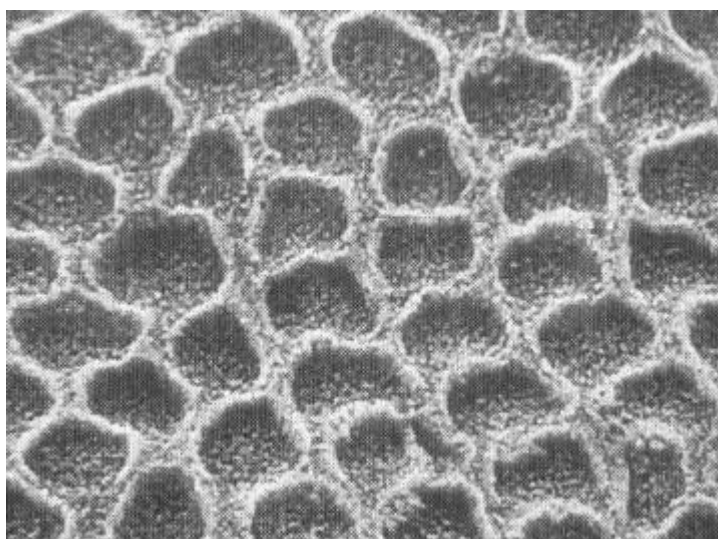
Οι εναμελίνες (enamelins). Αποτελούν τις μεγαλύτερες σε μέγεθος πρωτεΐνες που απαντώνται στην αδαμαντίνη. Κωδικοποιούνται και αυτές όπως και οι αμελοβλαστίνες από γονίδια που βρίσκονται στο βραχύ σκέλος του χρωμοσώματος 21 (4q21). Πρόκειται για πρωτεΐνες που στο μόριο τους περιέχουν υδρόφοβες, όξινες και βασικές περιοχές. Οι πρωτεΐνες αυτές συμμετέχουν στο σχηματισμό της ενασβεστίωσης του οργανικό υποστρώματος της αδαμαντίνης.

Αδαμαντινικές πρωτεάσες. Πρόκειται για ένζυμα τα οποία έχουν ως κύριο ρόλο την αποδόμηση και απομάκρυνση των πρωτεϊνών της αδαμαντίνης που προαναφέρθηκαν, μετά τη φάση της ωρίμανσης της αδαμαντίνης.

1.3 Μικροδομή

Η αδαμαντίνη αποτελείται από τα αδαμαντινικά πρίσματα, τα οποία εκτείνονται ελικοειδώς από την αδαμαντινοοδοντινική ένωση μέχρι την εξωτερική αδαμαντινική επιφάνεια.

Τα πρίσματα έχουν σχήμα μανιταριού και εμφανίζουν κεφαλή, αυχένα και ουρά.(Εικ. 4)



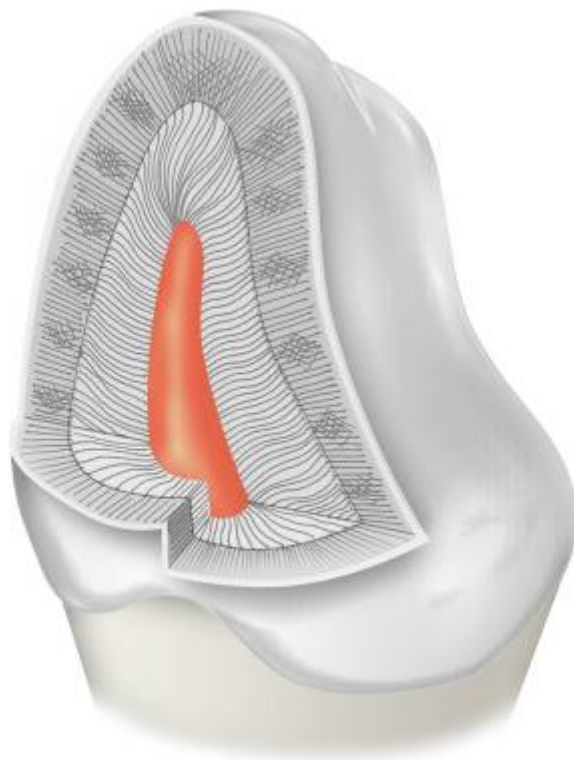
Εικόνα 4. Η διάταξη των πρισμάτων. Εικόνα από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.

Η διάμετρος της κεφαλής κάθε πρίσματος κυμαίνεται από 4-7 μm και το μήκος τους είναι 9 μm . Το σχήμα αυτό προκύπτει από τον τρόπο σχηματισμού τους, μέσω τεσσάρων αδαμαντινοβλαστών. Ένας αδαμαντινοβλάστης σχηματίζει την κεφαλή του πρίσματος, μέρος δύο άλλων αδαμαντινοβλαστών τον αυχένα και ο τέταρτος, την ουρά.

Κάθε πρίσμα αποτελείται από πολλούς κρυστάλλους υδροξυαπατίτη. Οι κρύσταλλοι υδροξυαπατίτη διατάσσονται σε δεσμίδες των 1000 κρυστάλλων, σχηματίζοντας τα αδαμαντινικά πρίσματα. Οι κρύσταλλοι του υδροξυαπατίτη δεν εμφανίζουν σε όλο το πρίσμα ομοιόμορφο προσανατολισμό. Στην κεφαλή του

πρίσματα διατάσσονται με το μακρύ τους άξονα (c) παράλληλα προς τον επιμήκη άξονα του πρίσματος, ενώ στον αυχένα και στην ουρά έχουν κατακόρυφη διεύθυνση. Ο προσανατολισμός αυτός των κρυστάλλων της αδαμαντίνης παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον στο ρυθμό της τερηδονικής προσβολής, αφού η διάλυση των κρυστάλλων γίνεται με ταχύτερο ρυθμό κατά τον εγκάρσιο άξονα σε σχέση με τον επιμήκη. Επιπρόσθετα, η διάταξη των κρυστάλλων κατά αυτό τον τρόπο στη περιφέρεια του κάθε πρίσματος δημιουργεί μια μεσόφαση μεταξύ των πρισμάτων. Σε αυτές τις περιοχές τείνει να υπάρχει μεγαλύτερο διακρυσταλλικό διάστημα. Έτσι, αυτές οι περιοχές πιθανά αποτελούν οδούς διάχυσης προς το εσωτερικό του ιστού, γεγονός που σχετίζεται με την τερηδόνα.

Η πορεία των πρισμάτων είναι κάθετη στην αδαμαντινοοδοντινική ένωση (Εικ. 5).



Εικόνα 5. Η φορά των πρισμάτων στην αδαμαντίνη.

Έτσι, στην περιοχή των φυμάτων τα πρίσματα έχουν φορά παράλληλη προς τον άξονα του δοντιού, στη μέση της μύλης φέρονται κάθετα, ενώ προς τον αυχένα αποκλίνουν λοξά προς τη ρίζα. Στη περιοχή των φυμάτων και του κοπτικού χείλους για τα πρόσθια δόντια, τα πρίσματα συμπλέκονται μεταξύ τους κατά άτακτο τρόπο και σχηματίζουν τους αδαμαντινικούς πλοκάμους. Η πορεία αυτή των πρισμάτων παίζει σημαντικό ρόλο στην αντοχή του ιστού στις μασητικές φορτίσεις.

Συχνά, στην εξωτερική επιφάνεια της αδαμαντίνης, κοντά στην επιφάνεια του δοντιού αλλά και στην εσωτερική επιφάνεια, το τμήμα της αδαμαντίνης που συμμετέχει στο δεσμό με την οδοντίνη κατά την αδαμαντινο-οδοντινική σύναψη, υπάρχει μια ζώνη, πάχους 20-40 μm, που αποκαλείται άπρισμα αδαμαντίνη, λόγω του ότι από τη δομή της απουσιάζουν τα πρίσματα.

Η πυκνότητα των κρυστάλλων/πρισμάτων, στοιχείο που προσδιορίζει και το ποσό ενασβεστίωσης, δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη την αδαμαντίνη. Γενικά, η πυκνότητα αυτή μειώνεται από την επιφάνεια της αδαμαντίνης με κατεύθυνση την οδοντίνη, ενώ αντίθετα το πορώδες, το νερό και το οργανικό υλικό αυξάνονται στην ίδια διεύθυνση. Ειδικότερα, σε ορισμένες περιοχές, όπως για παράδειγμα η αδαμαντίνη των σχισμών, το πορώδες, το οργανικό υλικό και η κρυσταλλική κατανομή είναι αρκετά πολύπλοκη.

1.4 Μορφολογικά γνωρίσματα

Εκτός από την τυπική οργάνωση της αδαμαντίνης από αδαμαντινικά πρίσματα και μεσοπρισμάτια ουσία, παρατηρούνται, κατά τη μικροσκοπική εξέταση λεασμάτων, και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στοιχεία της μορφολογίας του ιστού.

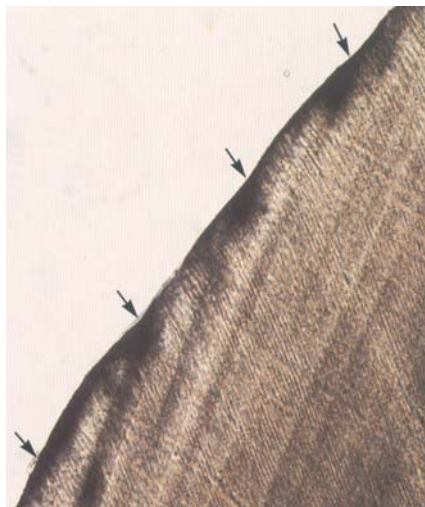
Τα μορφολογικά γνωρίσματα της αδαμαντίνης διακρίνονται στα επιφανειακά και στα εσωτερικά (Πίνακας 1)

Πίνακας 1. Μορφολογικά γνωρίσματα της αδαμαντίνης

Επιφανειακά	Εσωτερικά
Περικύματα	Αυξητική γραμμή Retzius
Γραμμές Pickerill	Νεογνική γραμμή
Ρωγμές	Ζώνες Hunter-Schreger
Αύλακες	Αδαμαντινικά πετάλια
Οπές και σχισμές	Θύσανοι Αδαμαντίνης
	Αδαμαντινικές κορόνες

Επιφανειακά μορφολογικά γνωρίσματα

Α) Περικύματα (Perikymata or imbrication lines) και γραμμές Pickerill (Pickerill lines). Τα περικύματα δεν είναι τίποτα άλλο, παρά η απόληξη των αυξητικών γραμμών στην επιφάνεια της αδαμαντίνης, ιδιαίτερα στην αυχενική μοίρα της προστομαϊκής επιφάνειας (**Εικ. 6**). Αυτά έχουν τη μορφή κυματοειδών ανωμαλιών. Η περιοχή μεταξύ δύο περικυμάτων ονομάζεται γραμμή Pickerill.



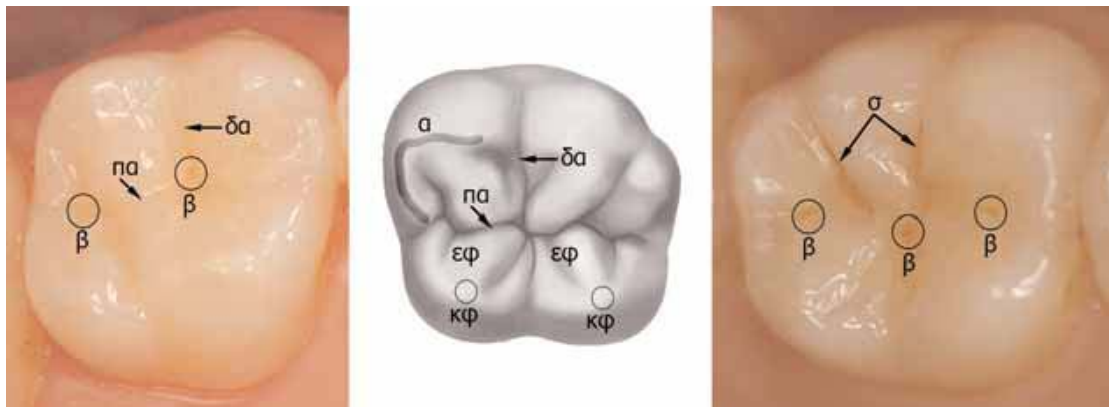
Εικόνα 6. Περικύματα και γραμμές Pickerill. Τα περικύματα δείχνονται με τα βέλη.

Β) Ρωγμές (Cracks) (**Εικ. 7**). Είναι γραμμοειδείς λεπτές και αβαθείς σχισμές που αποτελούν είτε την εξωτερική απόληξη εσωτερικών μορφολογικών χαρακτηριστικών (π.χ αδαμαντινικά πετάλια), είτε δημιουργούνται από εξωτερικές πιέσεις κατά τη λειτουργία του δοντιού.



Εικόνα 7. Ρωγμή στην επιφάνεια της αδαμαντίνης (βέλος)

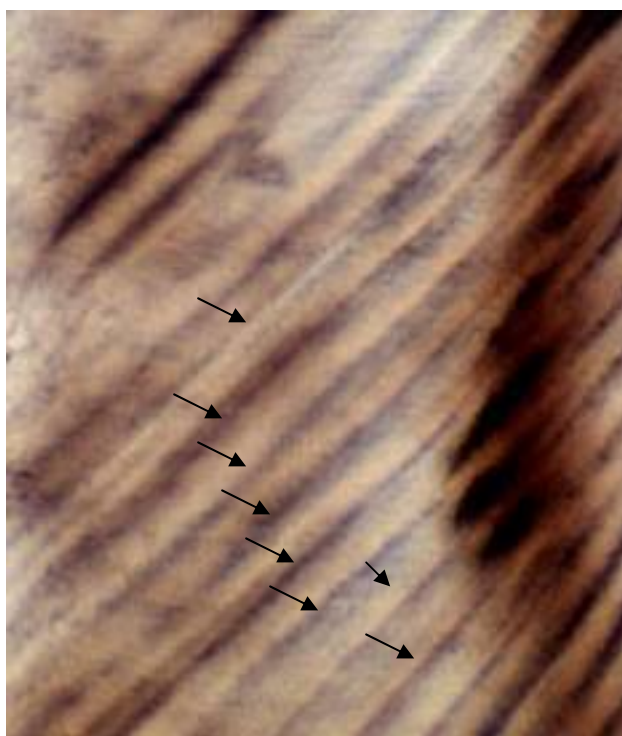
Γ) Αύλακες, οπές και σχισμές (Grooves, pits and fissures) (**Εικ 8**). Τα μορφολογικά αυτά γνωρίσματα εντοπίζονται στις μασητικές, παρειακές, γλωσσικές και υπερώϊες επιφάνειες των δοντιών.



Εικόνα 8. Βοθρία (β), πρωτογενείς (πα) και δευτερογενείς (δα) αύλακες και σχισμές (σ).

Εσωτερικά μορφολογικά γνωρίσματα της αδαμαντίνης

A) Αυξητική γραμμή Retzius (Striae of Retzius) (Εικ 9). Οι γραμμές του Retzius ή αυξητικές γραμμές αποτελούν μορφολογικά στοιχεία που οφείλονται σε μεταβολές των αναπτυξιακών συνθηκών κατά τη διάπλαση του δοντιού. Είναι εναλλασσόμενες φαιόχρωμες περιοχές, οι οποίες διατρέχουν τη μάζα της αδαμαντίνης και ανευρίσκονται τόσο σε επιμήκεις, όσο και σε εγκάρσιες τομές της αδαμαντίνης. Σε επιμήκεις τομές έχουν κατεύθυνση παράλληλη προς την εξωτερική επιφάνεια, στις δε εγκάρσιες παρομοιάζουν με τους ομόκεντρους κύκλους που σχηματίζονται στο φλοιό των δένδρων.



Εικόνα 9. Αυξητικές γραμμές Retzius (βέλη).

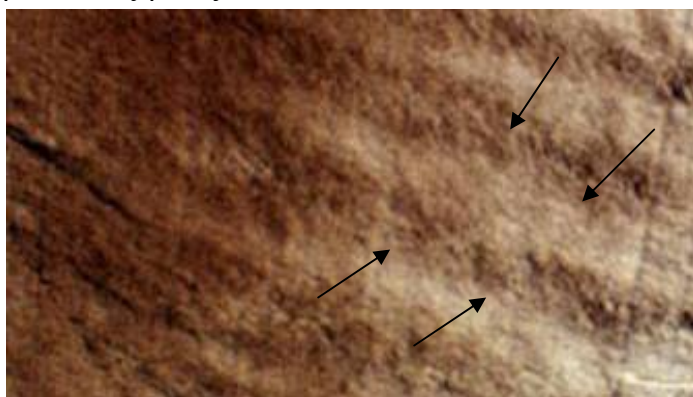
B) Νεογνική γραμμή (Neonatal line). Η νεογνική γραμμή αποτελεί, επίσης, μορφολογικό στοιχείο που οφείλεται σε μεταβολές των αναπτυξιακών συνθηκών κατά τη διάπλαση του δοντιού. Λόγω της αιφνίδιας μεταβολής του μεταβολικού περιβάλλοντος στο νεογνό κατά τη γέννηση του, συχνά παρατηρείται εκσεσημασμένη αυξητική γραμμή μεταξύ της αδαμαντίνης που παράγεται πριν τη γέννηση και αυτής

που παράγεται μετά τη γέννηση. Η γραμμή αυτή ονομάζεται νεογνική γραμμή (**Εικ. 10**)



Εικόνα 10. Η νεογνική γραμμή (περιοχή με βέλη).

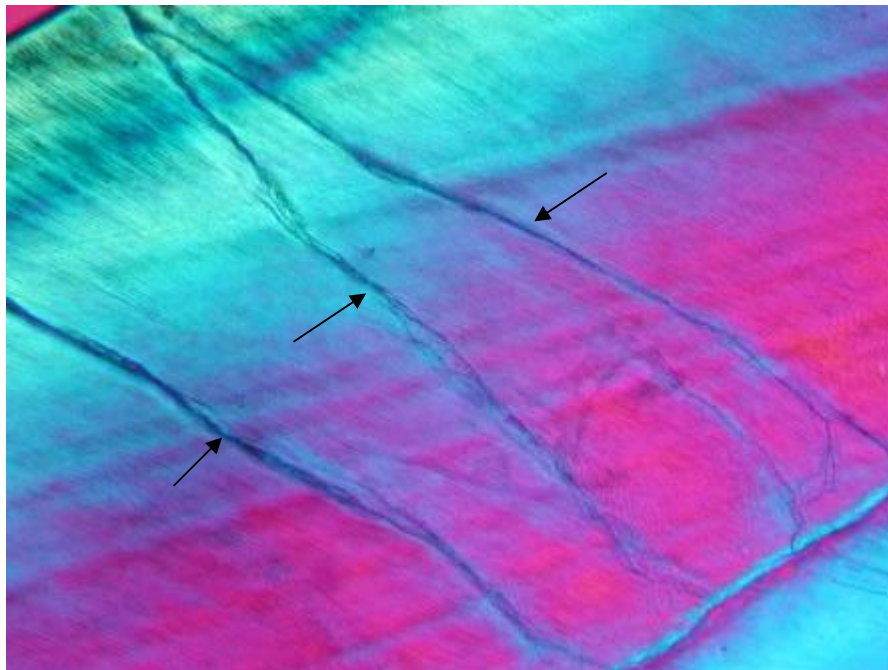
Γ) Ζώνες Hunter-Schreger (**Εικ 11**). Οι ζώνες Hunter-Schreger αποτελούν εναλλασσόμενες ανοιχτόχρωμες και σκοτεινόχρωμες ζώνες σε επιμήκεις τομές λεασμάτων που διανύουν το εξωτερικό και μέσο τριτημόριο της αδαμαντίνης. Πρόκειται στη πραγματικότητα καθαρά για ένα οπτικό φαινόμενο και όχι για μια υπάρχουσα δομή, το οποίο οφείλεται στη διαφορετική πορεία ομάδων των αδαμαντινικών πρισμάτων, τα οποία ακολουθούν αριστερόστροφη και δεξιόστροφη πορεία κατά την ανάπτυξη τους.



Εικόνα 11. Ζώνες Hunter-Schreger (περιοχή με βέλη)

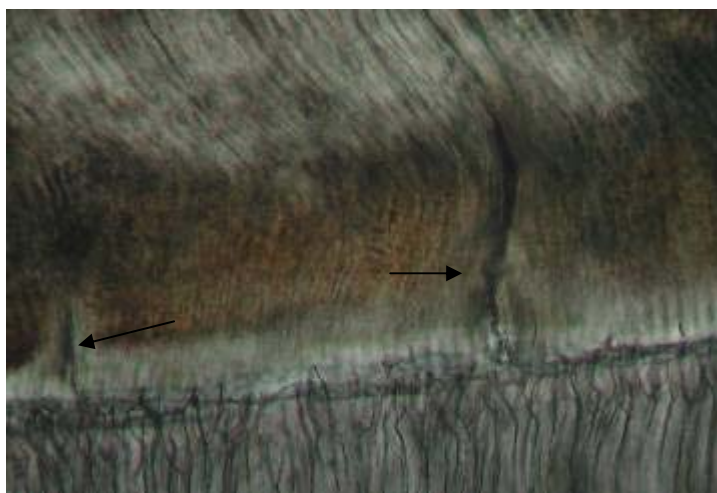
Δ) Αδαμαντινικά πετάλια (enamel lamellae) (**Εικ 12**). Τα αδαμαντινικά πετάλια είναι επιμήκεις ρωγμές, οι οποίες ξεκινούν από την εξωτερική επιφάνεια της αδαμαντίνης, διατρέχουν όλο το πλάτος της και καταλήγουν μέχρι το εσωτερικό της τριτημόριο, στην αδαμαντινο-οδοντική σύναψη. Αποτελούν περιοχές με υψηλή συγκέντρωση οργανικών συστατικών, είτε λόγω ατέλειας του μηχανισμού ενασβεστίωσης της αδαμαντίνης κατά τη φάση της διάπλασης της, είτε από παρεμβολή άλλων οργανικών στοιχείων σε ατέλειες του αδαμαντινικού επιθηλίου. Τα αδαμαντινικά πετάλια ανευρίσκονται συνήθως, αλλά όχι αποκλειστικά, στην αυχενική μοίρα της αδαμαντίνης.

Έχουν μεγάλη κλινική σημασία στην εξέλιξη της τερηδονικής προσβολής της αδαμαντίνης, αφού αποτελούν στενούς θυλάκους (1-3 μm) ανάπτυξης των μικροβίων.



Εικόνα 12. Αδαμαντινικά πετάλια (βέλη)

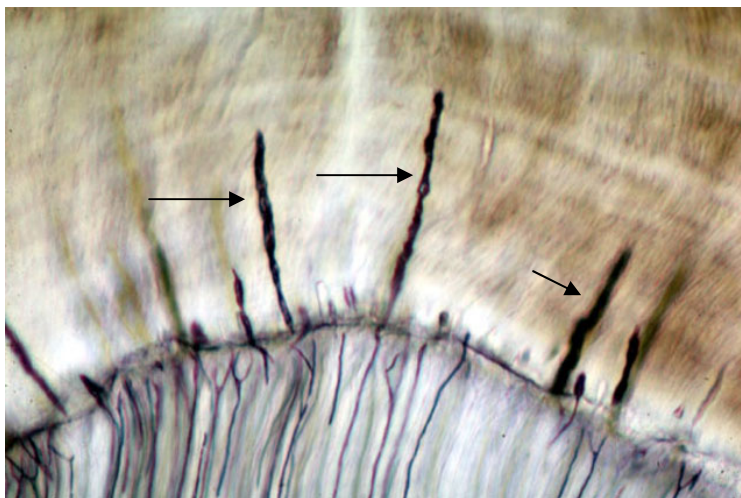
Ε) Θύσανοι αδαμαντίνης (enamel tufts) (**Εικ. 13**). Οι αδαμαντινικοί θύσανοι αποτελούν χαρακτηριστικές θυσανώδεις δομές που ξεκινούν από την αδαμαντινο-οδοντική σύναψη και διατρέχουν το 1/5 μέχρι το 1/3 του πάχους της αδαμαντίνης. Ο αριθμός τους σε κάθε τομή είναι μεγάλος και οφείλονται σε παραμονή των αρχικών αδαμαντινικών πρωτεϊνών στο χώρο μεταξύ των πρισμάτων, αλλά και στην παρουσία της ενδοπρισματίας ουσίας στα σημεία συνένωσης των κρυστάλλων. Έχουν μεγάλη κλινική σημασία στην εξέλιξη της τερηδονικής προσβολής της αδαμαντίνης, αφού αποτελούν περιοχές με χαμηλό ποσοστό ενασβεστίωσης.



Εικόνα 13. Θύσανοι αδαμαντίνης (βέλη)

Στ) Αδαμαντινικές κορόνες (enamel spindles). Οι αδαμαντινικές κορόνες ή άτρακτοι αποτελούν μικρού μήκους και πολύ λεπτού πάχους σωληνωτές δομές στη περιοχή της αδαμαντινο-οδοντικής σύναψης (**Εικ. 14**). Η παρουσία τους οφείλεται σε προεξοχές των αποφυάδων των οδοντινοβλαστών κατά την έναρξη της αδαμαντινογένεσης, οι οποίες μετά τη διάλυση της βασικής μεμβράνης εισέρχονται μεταξύ των αδαμαντινοβλαστών. Έτσι, μετά την ωρίμανση παραμένουν μικροί σωληνωτοί χώροι, που εκτείνονται σε πολύ μικρό μήκος μέσα στην αδαμαντίνη, πολύ

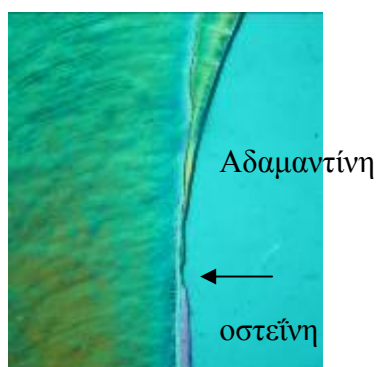
κοντά στην αδαμαντινο-οδοντινική σύναψη. Το μήκος τους και η έκταση στην αδαμαντίνη είναι πολύ μικρότερη, από το αντίστοιχο των θυσάνων.



Εικόνα 14. Θύσανοι αδαμαντίνης (βέλη)

1.5 Αδαμαντινο-οστεϊνική σύναψη

Το σημείο συνένωσης αδαμαντίνης και οστεΐνης ορίζεται ως ο ανατομικός αυχέννας του δοντιού. Οι δύο αυτοί ιστοί, δεν συναντώνται πάντα με ομοιόμορφο τρόπο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, σε ποσοστό 60-65%, μικρού πάχους δακτυλιοειδής ζώνη οστεΐνης εναποτίθεται στην αυχενική μοίρα της αδαμαντίνης, χωρίς να παρατηρείται ιδιαίτερη σύνδεση μεταξύ των δύο ιστών. Σε ποσοστό περίπου 30% παρατηρείται ομαλή σύνδεση των άκρων των δύο ιστών (Εικ. 15), ενώ σε ένα μικρό ποσοστό 5-10% οι δυο ιστοί δεν συνάπτονται και εμφανίζεται περιοχή ακάλυπτης οδοντίνης.



Εικόνα 15. Η αδαμαντίνη και οστεΐνη εφάπτοντονται ομαλά στην αυχενική μοίρα.

2. ΟΔΟΝΤΙΝΗ

2.1 Γενικά

Η οδοντίνη είναι ένας ζωντανός ιστός, ο οποίος εκτείνεται στη μύλη και στη ρίζα του δοντιού. Αποτελεί τον μεγαλύτερο όγκο του δοντιού και καθορίζει το μέγεθος και το σχήμα του. Η οδοντίνη φυσιολογικά δεν εκτίθεται στο στοματικό περιβάλλον. Στη μύλη καλύπτεται από την αδαμαντίνη, ενώ στη ρίζα καλύπτεται από την οστεΐνη. Εμβρυολογικά προέρχεται από το μέσο βλαστικό δέρμα. Η σύσταση της οδοντίνης μοιάζει περισσότερο με αυτή του οστού.

Κύριο χαρακτηριστικό της οδοντίνης είναι η αναγέννηση της, σε αντίθεση με αυτό που συμβαίνει στην αδαμαντίνη. Όταν στο δόντι επιδράσουν βλαπτικά ερεθίσματα, όπως τερηδόνα, αποτριβή, διάβρωση και τα ερεθίσματα αυτά φτάσουν στον πολφό, τότε δίνεται το σήμα να διαπλαστεί εκ νέου οδοντίνη κάτω από τις περιοχές που εμφανίζεται η βλάβη.

Η οδοντίνη που σχηματίζεται κατά την διάπλαση των δοντιών μέχρι την πλήρη ανατολή τους, ονομάζεται πρωτογενής οδοντίνη (primary dentin). Η πρωτογενής οδοντίνη αποτελεί το μεγαλύτερο ποσό μάζας της οδοντίνης ενός δοντιού. Η οδοντίνη που σχηματίζεται μετά την πλήρη ανατολή των δοντιών, κατά τη διάρκεια της φυσιολογικής λειτουργίας τους, ονομάζεται δευτερογενής οδοντίνη (secondary dentin). Η δευτερογενής οδοντίνη τοπογραφικά βρίσκεται προς την πολφική πλευρά του δοντιού και παράγεται φυσιολογικά με χαμηλό ρυθμό. Η οδοντίνη που σχηματίζεται ως αντίδραση στην επίδραση των εξωτερικών βλαπτικών ερεθισμάτων (π.χ τερηδόνα, τραύμα, χημικά ερεθίσματα, αποτριβή, κάταγμα) κατά τη

διάρκεια της ζωής του δοντιού, ονομάζεται τριτογενής (tertiary dentin), η οποία μπορεί να είναι επανορθωτική ή αντιδραστική (reparative or reactionary).

2.2 Χημική σύσταση

Η οδοντίνη αποτελείται από **ανόργανα συστατικά** σε ποσοστό 68-70% του βάρους της, από **οργανικά** σε ποσοστό 18-20%, ενώ το υπόλοιπο 10% περίπου είναι **νερό**.

Ανόργανα συστατικά

Όπως και στους άλλους ενασβεστιωμένους ιστούς, το κύριο ανόργανο συστατικό της οδοντίνης είναι το φωσφορικό ασβέστιο. Στη δομή της οδοντίνης υπάρχει κυρίως με τη μορφή κρυστάλλων υδροξυαπατίτη, ενώ ανευρίσκεται ακόμη και ως άμορφο φωσφορικό ασβέστιο, που αποτελεί την πρόδρομη μορφή των κρυστάλλων του υδροξυαπατίτη. Άλλο σημαντικό σε περιεκτικότητα συστατικό της οδοντίνης είναι το ανθρακικό ασβέστιο. Οι κρύσταλλοι του υδροξυαπατίτη της οδοντίνης διατάσσονται με το c-άξονα παράλληλα στα ινίδια κολλαγόνου. Οι κρύσταλλοι του υδροξυαπατίτη της οδοντίνης είναι μικροί και λεπτοί, δηλαδή διαφορετικοί σε σχέση με αυτούς της αδαμαντίνης. Αυτό έχει ως επακόλουθο να παρουσιάζουν μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής με τα οξέα που παράγονται κατά την τερηδονική εξεργασία. Το τελευταίο, μαζί με τη μικρότερη σκληρότητα που παρουσιάζει η οδοντίνη, εξηγεί σε μεγάλο βαθμό την ταχύτερη εξέλιξη της τερηδόνας στην οδοντίνη σε σύγκριση με την αδαμαντίνη.

Οργανικά συστατικά

Τα οργανικά υπόστρωμα της οδοντίνης περιέχει μακρομόρια που αποτελούν χαρακτηριστικά του συνδετικού ιστού. Παρά το γεγονός ότι τα οργανικά συστατικά της οδοντίνης αποτελούν μόνο το 1/5 του βάρους της, είναι αυτά που καθορίζουν τις

ιδιότητες και τη βιολογική της συμπεριφορά. Το 90% του βάρους των οργανικών συστατικών της οδοντίνης αποτελείται από **κολλαγόνο**, ενώ το υπόλοιπο από **μη κολλαγονούχα στοιχεία** όπως, διάφορες γλυκοπρωτεΐνες, λιποπρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λίπη.

α) Κολλαγόνο

Το κολλαγόνο της οδοντίνης αποτελείται κατά 95% από κολλαγόνο τύπου I και κατά 5% από κολλαγόνο τύπου V. Επίσης, σε ποσοστό 3-5% έχει απομονωθεί στην οδοντίνη κολλαγόνο τύπου V.

Το κολλαγόνο τύπου I αποτελείται από 3 α αλυσούς και έχει τη σύνθεση $[\alpha 1(I)]_2\alpha 2$. Ωστόσο, έχουν απομονωθεί στη προοδοντίνη και ποσότητες τριμερούς δομής του κολλαγόνου του τύπου $[\alpha 1(I)]_3$. Κάθε α αλυσίδα περιέχει περίπου 1000 αμινοξέα. Η δευτεροταγής δομή του είναι η τριπλή έλικα. Κάθε α έλικα περιέχει σε κάθε τρίτο αμινοξύ της αλληλουχίας της, την γλυκίνη, η οποία και είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία του ελικοειδούς σχηματισμού. Άλλο χαρακτηριστικό του κολλαγόνου τύπου I είναι ότι τα αμινοξέα προλίνη και υδροξυπρολίνη, που αποτελούν περίπου το $\frac{1}{4}$ των συνολικών αμινοξέων της αλληλουχίας του. Στην οδοντίνη, τα μόρια του κολλαγόνου συναθροίζονται σε επιμήκη διάταξη και σε εναλλασσόμενο τρόπο σχηματίζοντας ινίδια.

β) Μη κολλαγονούχα στοιχεία

Το μεγαλύτερο ποσοστό των μη κολλαγονούχων πρωτεϊνών της οδοντίνης απαρτίζει η **φωσφοπρωτεΐνη ή φωσφοσερίνη**. Η πρωτεΐνη αυτή παρουσιάζει υψηλό ποσοστό φωσφορυλίωσης. Πρόκειται για μια ιδιαίτερα όξινη πρωτεΐνη (pH ~1.1), το 50% των αμινοξέων της οποίας το αποτελεί η σερίνη και το 40% το ασπαρτικό οξύ. Λόγω του πολυανιονικού της χαρακτήρα συνδέεται ηλεκτροστατικά με το κολλαγόνο και βοηθά στην ενασβεστίωση του.

Οι **πρωτεογλυκάνες** αποτελούν ένα άλλο σημαντικό τμήμα των μη κολλαγονούχων πρωτεϊνών της οδοντίνης. Πρόκειται για μακρομόρια που περιέχουν μια ομάδα υδατανθρακικών αλυσίδων, τις γλυκοζαμινογλυκάνες, που προσδένονται ομοιοπολικά στο πρωτεϊνικό μόριο. Η ταυτότητα αλλά και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των πρωτεογλυκανών εξαρτώνται από το είδος των γλυκοζαμινογλυκανών που ενώνονται. Ο ρόλος τους είναι η σύνδεση με τα ινίδια κολλαγόνου και η σταθεροποίησή τους. Επίσης, παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση της ενασβεστίωσης τους.

Πρωτεΐνες που περιέχουν γ-καρβοξυ-γλουταμινικό. Έχουν ανιονικό χαρακτήρα, ρυθμίζοντας την ενασβεστίωση κατά τη διάπλαση του δοντιού. Σε αυτή την κατηγορία των πρωτεϊνών ανήκουν 2 ομάδες, η οστεοκαλσίνη και η πρωτεΐνη Gla.

Άλλες όξινες μη κολλαγονούχες πρωτεΐνες. Οι περισσότερες από αυτές είναι πλούσιες σε ασπαρτικό οξύ, γλουταμινικό και υδατάνθρακες. Σε αυτές ανήκουν η οστεονεκτίνη, η οστεοποντίνη ή σιαλοπρωτεΐνη του οστού I, οι πρωτεΐνες του ορού όπως η αλμπουμίνη και η γλυκοπρωτεΐνη a_2HS . Ο ρόλος της οστεονεκτίνης είναι στη ρύθμιση της αύξησης των κρυστάλλων υδροξυαπατίτη. Η οστεοποντίνη πρόκειται για μια φωσφορυλιωμένη πρωτεΐνη που περιέχει την αλληλουχία αμινοξέων Αργινίνη-Γλυκίνη-Ασπαρτικό οξύ. Ο ρόλος της δεν έχει διευκρινιστεί τελείως, αλλά πιστεύεται ότι συμμετέχει στη ρύθμιση της ενασβεστίωσης της οδοντίνης. Ο ρόλος των πρωτεϊνών του ορού δεν έχει διευκρινιστεί.

Αυξητικοί παράγοντες. Στην οδοντίνη έχουν απομονωθεί οι εξής αυξητικοί παράγοντες: ο μετατρεπτικός αυξητικός παράγοντας β (TGF- β), ο ινσουλινικός αυξητικός παράγοντας I και II (IGF-I, IGF-II), οι μορφογενετικές πρωτεΐνες του

οστού (BMPs). Οι παράγοντες αυτοί παίζουν σημαντικό ρόλο στην επανόρθωση-επούλωση του δοντιού με την βλάβη και στην παραγωγή της τριτογενούς οδοντίνης.

Λιπίδια. Τα λιπίδια αποτελούν λιγότερο από 2% της οργανικής μάζας της οδοντίνης. Πρόκειται για φωσφολιπίδια, χοληστερόλη, εστέρες χοληστερόλης και τριγλυκερίδια. Τα 2/3 των λιπιδίων της οδοντίνης είναι φωσφολιπίδια και μάλιστα όξινα φωσφοπολιπίδια όπως, η φωσφοτυδιλ-σερίνη, η φωσφατυδιλ-ινισοτόλη και το φωσφατιδικό οξύ, τα οποία συμμετέχουν στην ενασβεστίωση της οδοντίνης.

2.3 Μικροδομή

Το κύριο χαρακτηριστικό της δομής της οδοντίνης, που τη διαφοροποιεί από τους υπόλοιπους ενασβεστωμένους ιστούς, είναι τα **οδοντινοσωληνάρια**, που διασχίζουν σιγμοειδώς όλη τη μάζα της και περιέχουν στον αυλό τους ή σε τμήματα του αυλού τους τις οδοντινοβλαστικές αποφυάδες (**Εικ. 16**).



Εικόνα 16. Τα οδοντινοσωληνάρια διασχίζουν σιγμοειδώς τη μάζα της οδοντίνης

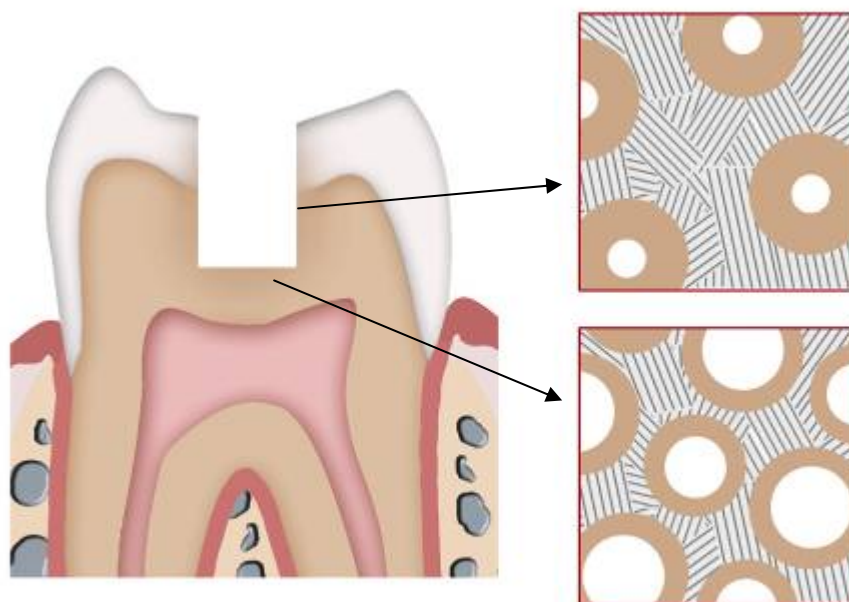
Τα οδοντινοσωληνάρια σχηματίζονται κατά τη διάρκεια εναπόθεσης της οδοντίνης γύρω από τις αποφυάδες των οδοντινοβλαστών. Τα οδοντινοσωληνάρια δεν είναι κενοί σωλήνες αλλά στον αυλό τους ανευρίσκονται, υπό φυσιολογικές συνθήκες, διάφορα στοιχεία. Οι κυτταροπλασματικές αποφυάδες των οδοντινοβλαστών (που ονομάζονται και οδοντινοβλαστικές αποφυάδες) καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του όγκου τους. Ο χώρος που καταλείπεται μεταξύ των τοιχωμάτων της οδοντίνης και των οδοντινοβλαστικών αποφυάδων ονομάζεται περιοδοντινοβλαστικός χώρος. Στον περιοδοντινοβλαστικό χώρο ανευρίσκονται τα εξής στοιχεία: α) κολλαγόνα ινίδια, που συνήθως διακρίνονται για το μεγάλο πάχος τους, β) αμύελες νευρικές ίνες, γ) κρύσταλλοι ανόργανων αλάτων και δ) το υγρό των ιστών ή λέμφος της οδοντίνης, που κυκλοφορεί στον περιοδοντινοβλαστικό χώρο.

Λόγω της πολφικής πίεσης παρατηρείται μία αργή, συνεχής κίνηση του υγρού των οδοντινοσωληναρίων, λόγω τριχοειδικών δυνάμεων, μειούμενη με την απομάκρυνση από τον πολφό προς την αδαμαντίνη. Το φαινόμενο αυτό εκφράζει την διαπερατότητα της οδοντίνης. Επίσης, μέσω της κίνησης του υγρού των οδοντινοσωληναρίων μεταβιβάζονται και τα κάθε είδους εξωτερικά ερεθίσματα προς τον πολφό.

Ο μηχανισμός μέσω του οποίου τα ερεθίσματα προκαλούν πολφική διέγερση είναι ο ακόλουθος. Τα στόμια των οδοντινοσωληναρίων είναι οι κύριες πύλες εισόδου των ερεθισμάτων. Κάθε τύπος ερεθίσματος (π.χ. ζεστό, κρύο, πίεση, οσμωτικό) προκαλεί τη γρήγορη, προς τα έσω ή έξω, κίνηση του υγρού των οδοντινοσωληναρίων. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η αλλαγή του σχήματος των οδοντινοβλαστών και η ανάπτυξη πίεσης, με συνέπεια την ενεργοποίηση των νευρικών ινών. Με αυτό το μηχανισμό που περιγράφηκε και που

εκφράζει την υδροδυναμική θεωρία του Brännstrom προκαλείται η πολφική διέγερση και εκλύεται ο οδοντικός πόνος.

Ο αριθμός των οδοντινοσωληναρίων ανά τετραγωνικό χιλιοστό οδοντίνης αυξάνεται, όσο πλησιάζουμε προς τον πολφό. Ο αριθμός αυτός για το πολφικό τριτημόριο της οδοντίνης είναι 45.000 - 50.000/mm², για το μέσο τριτημόριο 25.000 - 35.000 και για το αδαμαντινικό τριτημόριο 15.000 - 20.000. Το ανάλογο συμβαίνει και με την διάμετρο των οδοντινοσωληναρίων. Τα οδοντινοσωληνάκια στο πολφικό τριτημόριο της οδοντίνης έχουν διάμετρο 2-3 μm, στο μέσο τριτημόριο 0,9-1,6 μm και κοντά στην αδαμαντινο-οδοντική σύναψη 0,5-1,2 μm (Εικ. 17). Λόγω της αύξησης του αριθμού και του εύρους των οδοντινοσωληναρίων σε περιοχές πλησίον του πολφού, αυξάνεται η διαπερατότητα της οδοντίνης και συνεπώς και η ένταση των ερεθισμάτων που φθάνουν στον πολφό σε κοιλότητες μεγάλου βάθους.

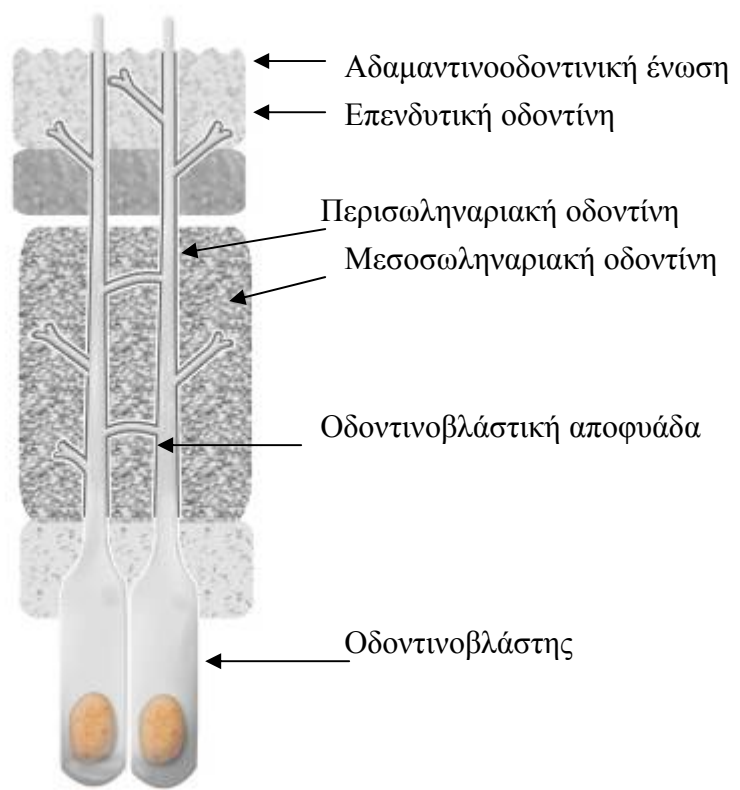


Εικόνα 17. Ο αριθμός, το μέγεθος και η διάμετρος των οδοντινοσωληναρίων ποικίλει με το βάθος της οδοντίνης

Το πρώτο στρώμα της πρωτογενούς οδοντίνης, που παράγεται κατά την έναρξη της διάπλασης του δοντιού, και το οποίο μετά την ολοκλήρωση της διάπλασης του δοντιού βρίσκεται στην περιφέρεια, κοντά την αδαμαντινο-οδοντινική σύναψη, ονομάζεται **επενδυτική οδοντίνη (mantle dentin)** και έχει πάχος 5-30 μm (**Εικ. 18**). Η επενδυτική οδοντίνη δεν εμφανίζει τη σωληνωτή δομή της υπόλοιπης οδοντίνης. Πρόκειται για στρώμα με μικρότερη ενασβεστίωση από την υπόλοιπη οδοντίνη και με οργανικό υπόστρωμα πλούσιο σε πρωτεογλυκάνες.

Το υπόλοιπο στρώμα, το οποίο και αποτελεί την κυρίως οδοντίνη ονομάζεται **περιπορφική (circumpulpal dentin)**. Η περιπορφική οδοντίνη ανάλογα με την τοπογραφία της διακρίνεται στη μεσοσωληναριακή (intertubular dentin) και στην περισωληναριακή (peritubular dentin). Η μεσοσωληναριακή οδοντίνη βρίσκεται μεταξύ των οδοντινοσωληναρίων (**Εικ. 18**). Η ποσότητα της εξαρτάται από την απόσταση της από τον πολφό κι είναι τόσο μικρότερη, όσο πλησιέστερα βρίσκεται στον πολφό. Το οδοντινικό υλικό που περιβάλλει τα οδοντινοσωληνάκια αναφέρεται ως περισωληναριακή οδοντίνη (Εικ. 18). Πρόκειται για υλικό με σαφώς υψηλότερο βαθμό ενασβεστίωσης, συγκριτικά με τη μεσοσωληναριακή οδοντίνη. Περιέχει αραιότερες ίνες κολλαγόνου που συνέχονται με αυτές της μεσοσωληναριακής οδοντίνης.

Τέλος, στην περιφέρεια του πολφού, μεταξύ της ενασβεστωμένης οδοντίνης και των οδοντινοβλαστών του πολφού υπάρχει ένα στρώμα οργανικού υποστρώματος οδοντίνης, μη ενασβεστωμένο, πλούσιο κυρίως σε κολλαγόνο, το οποίο παράγεται από τους οδοντινοβλάστες και ονομάζεται **προοδοντίνη (predentin)** (**Εικ. 18**). Το στρώμα προοδοντίνης ποικίλει σε πάχος και κυμαίνεται από 10 έως 30 μm.



Εικόνα 18. Δομή της οδοντίνης

Η οδοντίνη κατά τη διάρκεια ζωής του δοντιού υφίσταται συνεχείς, δυναμικές αλλαγές, αντιδρώντας σε φυσιολογικά ή και παθολογικά ερεθίσματα που δέχεται το δόντι. Κατά το λειτουργικό στάδιο της ζωής του δοντιού προκαλείται συνεχής εναπόθεση οδοντίνης, με αποτέλεσμα να μειώνεται σταδιακά το εύρος του αυλού των οδοντινοσωληναρίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαπερατότητας της οδοντίνης με την πάροδο της ηλικίας, με όλες τις συνέπειες που αυτό δημιουργεί. Επίσης, πολλές φορές, κατά την επίδραση ήπιων βλαπτικών ερεθισμάτων (π.χ. χρόνια τερηδόνα, αποτριβή, διάβρωση) παρατηρείται μια συνεχής εναπόθεση μεταλλικών ιόντων στην οδοντίνη, προκαλώντας διαφοροποίηση της δομής της και σχηματισμό της ονομαζόμενης **σκληρωτικής οδοντίνης (sclerotic dentin)** (Εικ. 19). Τα χαρακτηριστικά της σκληρωτικής οδοντίνης, είναι:

- Πλήρης ή μερικός αποκλεισμός των στομίων των οδοντινοσωληναρίων με κρυσταλλικές εναποθέσεις.
- Ύπαρξη ενός επιφανειακού υπερενασβεστωμένου στρώματος.

- Σε κάποιες περιπτώσεις, παρουσία ενασβεστωμένων μικροβίων μέσα στα οδοντινοσωληνάρια.
- Μετουσίωση του κολλαγόνου



Εικόνα 19. Δομή σκληρωτικής οδοντίνης (βέλη)

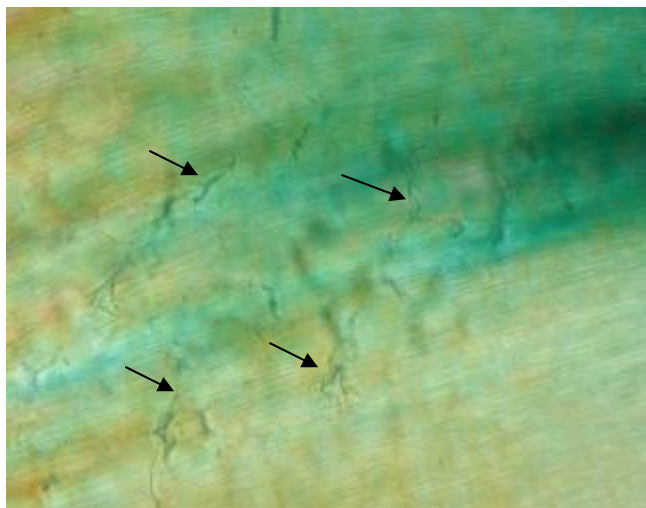
2.4 Μορφολογικά γνωρίσματα

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της οδοντίνης είναι δύο: α) **οι αυξητικές γραμμές** και β) **τα μεσοσφαίρια αραιώματα (interglobular dentin) και η κοκκώδης στιβάδα. (granular layer ή Tomes layer)**

Οι αυξητικές γραμμές ή γραμμές του von Ebner, απεικονίζουν την κατά στρώματα εναπόθεση της πρωτογενούς οδοντίνης. Δεν είναι βέβαιο κατά πόσο οι γραμμές αυτές αποτυπώνουν το στάδιο ανάπαυσης των οδοντινοβλαστών ή τις μεταβολικές διαταραχές του περιβάλλοντος. Η πιο εκσεσημασμένη αυξητική γραμμή, που χωρίζει την οδοντίνη που σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια της εμβρυϊκής περιόδου απ' αυτήν της μετεμβρυϊκής περιόδου ονομάζεται νεογνική γραμμή.

Τα μεσοσφαίρια αραιώματα αποτελούν περιοχές που απαντώνται στο περιφερικό τμήμα της περιπορφικής οδοντίνης, κυρίως στη μύλη, όπου η σύντηξη των αρχικών κρυστάλλων ενασβεστίωσης δεν είναι πλήρης (Εικ. 20). Τα οδοντινοσωληνάκια στις περιοχές αυτές έχουν ευρύτερο αυλό, λόγω του χαμηλού

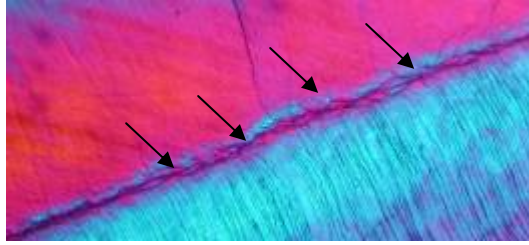
ρυθμού παραγωγής της περισωληναριακής οδοντίνης. Αντίστοιχες, περιοχές με ατέλειες στη σύντηξη των πυρήνων ενασβεστίωσης απαντώνται και στην οδοντίνη της ρίζας του δοντιού κοντά στην οστεΐνη, οι οποίες αποκαλούνται κοκκώδης στιβάδα ή κοκκώδης στιβάδα του Tomes.



Εικόνα 20. Μεσοσφαίρια αραιώματα (βέλη)

2.5 Αδαμαντινο-οδοντινική σύναψη

Η αδαμαντινο-οδοντινική σύναψη αποτελεί το εξωτερικό όριο της οδοντίνης στη μύλη των δοντιών. Πρόκειται για τη μεσόφαση του ενασβεστιωμένου υποστρώματος της επενδυτικής οδοντίνης και του εσωτερικού στρώματος της αδαμαντίνης, το οποίο αποτελείται από κρυστάλλους υδροξυαπατίτη οι οποίοι δεν εμφανίζουν τη μορφή πρισμάτων. Η συναρμογή των δύο αυτών σκληρών ιστών, διαφορετικής προέλευσης, σύνθεσης, ποσοστού ενασβεστίωσης και επομένως διαφορετικής μηχανικής συμπεριφοράς, είναι μη επίπεδη και έχει σχήμα οδοντωτό (Εικ. 21). Αυτή η δομή αποτελεί την ιδανική λειτουργική σύνθεση, προκειμένου να μην υποχωρήσει η αδαμαντινο-οδοντινική σύναψη κατά την άσκηση των μασητικών φορτίων.



Εικόνα 21. Η αδαμαντινο-οδοντική σύνδεση είναι μη επίπεδη (βέλη)