

Το στόμα ως μικροβιακός βιότοπος

Περιεχόμενα

Το στόμα ως μικροβιακός βιότοπος	25	Οξειδοαναγωγικό δυναμικό/αναερόβωση.....	33
Επιφάνειες των βλεννογόννων	26	pH	34
Δόντια	26	Θρεπτικά συστατικά	34
Σάλιο	28	Αμυντικοί μηχανισμοί του ξενιστή	36
Υγρό της ουλοδοντικής σχισμής	31	Γενετικά χαρακτηριστικά του ξενιστή.....	39
Εμφυτεύματα και προσθετικές εργασίες.....	32	Τρόπος ζωής του ξενιστή.....	40
Παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των		Καταληκτικές παρατηρήσεις	40
μικροοργανισμών της στοματικής κοιλότητας	33	Περίληψη κεφαλαίου	40
Θερμοκρασία	33	Προτεινόμενη βιβλιογραφία	41

ΤΟ ΣΤΟΜΑ ΩΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΣ ΒΙΟΤΟΠΟΣ

Οι ιδιότητες του στόματος το καθιστούν οικολογικά διακριτό από όλες τις άλλες επιφάνειες του σώματος, και αυτό υπαγορεύει τους τύπους των μικροοργανισμών που μπορούν να επιμείνουν. Ως εκ τούτου, δεν είναι όλοι οι μικροοργανισμοί που εισέρχονται στο στόμα ικανοί να το αποικίσουν. Επιπλέον, διακριτοί βιότοποι υπάρχουν ακόμη και εντός του στόματος, καθένας από τους οποίους υποστηρίζει την ανάπτυξη χαρακτηριστικού μικροβιόκοσμου λόγω των ιδιαίτερων βιολογικών του χαρακτηριστικών. Βιότοποι που προσφέρουν προφανώς διαφορετικές οικολογικές συνθήκες περιλαμβάνουν τις **επιφάνειες των βλεννογόννων** (όπως τα χείλη, τα παρειά, την υπερώα και τη γλώσσα), τα **δόντια** και κάθε ορθοδοντική συσκευή ή προσθετική εργασία που τοποθετείται στη στοματική κοιλότητα (Πίν. 2.1). Οι ιδιότητες του στόματος ως μικροβιακού βιότοπου είναι δυναμικές και μεταβάλλονται καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου. Κατά

τους πρώτους μήνες ζωής, το στόμα προσφέρει μόνο επιφάνειες βλεννογόννων για μικροβιακή αποίκηση. Η ανατολή των δοντιών παρέχει μια μοναδική επιφάνεια, που είναι σκληρή και δεν απολεπίζεται, η οποία επιτρέπει τη συσσώρευση πολύ μεγαλύτερων μαζών μικροοργανισμών (οδοντική πλάκα) υπό μορφή βιοϋμένα. Επιπλέον, παράγεται υγρό της ουλοδοντικής σχισμής (ΥΟΣ), το οποίο μπορεί να προσφέρει επιπλέον θρεπτικά συστατικά επιτρέποντας την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που βρίσκονται υποουλικό και έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις ανάπτυξης. Η οικολογία του στόματος μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου λόγω της ανατολής ή εξαγωγής δοντιών, της τοποθέτησης ορθοδοντικών δακτυλίων ή οδοντοστοιχιών, καθώς και οποιασδήποτε οδοντιατρικής θεραπείας, συμπεριλαμβανομένης της αποτρύγωσης και των αποκαταστάσεων. Παροδικές διακυμάνσεις στη σταθερότητα του οικοσυστήματος της στοματικής κοιλότητας μπορεί να προκληθούν από τη συχνότητα και το είδος της προσλαμβανόμενης τροφής, από μεταβολές στη ροή του σάλιου (π.χ. ορισμένα φάρμα-

Πίνακας 2.1 Διακριτοί μικροβιακοί βιότοποι μέσα στο στόμα

Βιότοπος	Σχόλιο
Χείλη, παρειές, υπερώα	- η βιομάζα περιορίζεται από την απολέπιση των κυττάρων - ορισμένες επιφάνειες έχουν εξειδικευμένους τύπους κυττάρων ξενιστή
Γλώσσα	- επιφάνεια με πολλές θηλές - λειτουργεί ως δεξαμενή για υποχρεωτικά αναερόβια μικρόβια
Δόντια	- επιφάνεια που επιτρέπει τη συσσώρευση μεγάλων μαζών μικροβίων (βιοϋμένες, οδοντική πλάκα) - τα δόντια έχουν διακριτές επιφάνειες για αποικισμό από μικρόβια: κάθε επιφάνεια (π.χ. σχισμές, λείες επιφάνειες, μεσοδόντιες επιφάνειες, ουλοδοντική σχισμή) θα υποστηρίξει μια ξεχωριστή μικροβιακή χλωρίδα λόγω των εγγενών βιολογικών ιδιοτήτων της

κα μειώνουν τη ροή του σάλιου) και από κύκλους αντιβιοτικής αγωγής.

Τα χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στο να διακρίνεται η στοματική κοιλότητα από άλλες περιοχές του σώματος είναι οι εξειδικευμένες επιφάνειες βλεννογόνων, τα δόντια, το σάλιο και το υγρό της ουλοδοντικής σχισμής, ενώ και οι προσθετικές συσκευές δημιουργούν ένα νέο περιβάλλον. Αυτά θα εξεταστούν τώρα με περισσότερες λεπτομέρειες.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΤΩΝ ΒΛΕΝΝΟΓΟΝΩΝ

Το στόμα είναι παρόμοιο με άλλα οικοσυστήματα της πεπτικής οδού, καθώς παρέχει επιφάνειες βλεννογόνου για μικροβιακή αποίκηση. Το μικροβιακό φορτίο είναι σχετικά χαμηλό σε τέτοιες επιφάνειες λόγω της διαδικασίας της απολέπισης. Ωστόσο, η στοματική κοιλότητα διαθέτει εξειδικευμένες επιφάνειες που συμβάλλουν στη διαφοροποίηση του μικροβιόκοσμου σε συγκεκριμένες περιοχές. Η θηλώδης δομή της ραχιαίας επιφάνειας της γλώσσας παρέχει καταφύγιο για πολλούς μικροοργανισμούς οι οποίοι διαφορετικά θα απομακρύνονταν μέσω της μάσησης και της ροής του σάλιου. Τέτοιες περιοχές στη γλώσσα μπορούν να αναπτύξουν χαμηλό οξειδοαναγωγικό δυναμικό (βλέπε παρακάτω), το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη υποχρεωτικά αναερόβιων βακτηρίων. Πράγματι, η γλώσσα μπορεί να λειτουργεί ως δεξαμενή για ορισμένα Gram-αρνητικά αναερόβια που εμπλέκονται στην αιτιολογία των περιοδοντικών νοσημάτων (Κεφάλαιο 6) και είναι υπεύθυνα για την κακοσμία του στόματος (Κεφάλαιο 4).

Το στόμα περιέχει επίσης κερατινοποιημένο (όπως στην υπερώα) καθώς και μη κερατινοποιημένο πολύστοιβο πλακώδες επιθήλιο, το οποίο μπορεί να επηρεάσει την ενδοστοματική κατανομή ορισμένων μικροοργανισμών.

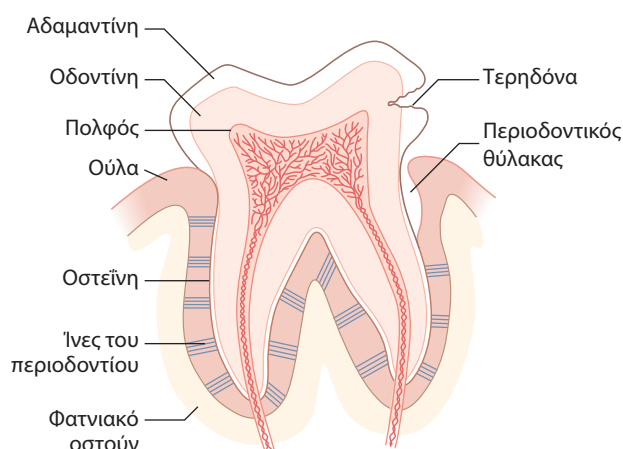
ΔΟΝΤΙΑ

Το στόμα είναι το μοναδικό κανονικά προσβάσιμο σημείο στο σώμα που διαθέτει σκληρές μη απολεπιζόμενες επιφάνειες για μικροβιακή αποίκηση. Τα δόντια δεν εμφανίζονται στο στόμα μέχρι μετά τους πρώτους μήνες της ζωής. Η νεογνή οδοντοφυΐα συνήθως ολοκληρώνεται μέχρι την ηλικία των 3 ετών, και περίπου στην ηλικία των 6 ετών αρχίζουν να ανατέλλουν τα μόνιμα δόντια· αυτή η διαδικασία ολοκληρώνεται περίπου μέχρι την ηλικία των 12 ετών. Οι τοπικές οικολογικές συνθήκες θα μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια αυτών των περιόδων αλλαγής, γεγονός που με τη σειρά του θα επηρεάζει τη σύνθεση του μόνιμου μικροβιόκοσμου σε μια περιοχή.

Τα δόντια (και οι τεχνητές οδοντοστοιχίες) επιτρέπουν τη συσσώρευση μεγάλων μαζών μικροοργανισμών (κυρίως βακτηρίων) και των εξωκυτταρικών προϊόντων τους, που ονομάζονται οδοντική πλάκα. Η πλάκα αποτελεί ένα παράδειγμα βιοϋμένα (βλ. Κεφάλαιο 5) και, αν και απαντάται φυσιολογικά σε κατάσταση υγείας και προσφέρει σημαντικά οφέλη στον ξενιστή, συνδέεται επίσης με νοσήματα, όπως η τερηδόνα και τα νοσήματα του περιοδοντίου. Σε καταστάσεις ασθένειας, παρατηρείται μια μετατόπιση στη σύνθεση του μικροβιόκοσμου της πλάκας μακριά από τα είδη που επικρατούν σε κατάσταση υγείας (βλ. Κεφάλαιο 6).

Κάθε δόντι αποτελείται από τέσσερις ιστούς: τον **πολφό**, την **οδοντίνη**, το **οστεΐνη** και την **αδαμαντίνη** (Εικ. 2.1). Η νεύρωση και η αιμάτωση του πολφού προέρχεται από τα οστά των γνάθων διαμέσω των ριζών. Έτσι, ο πολφός μπορεί να θρέψει την οδοντίνη και να λειτουργεί ως αισθητήριο όργανο ανιχνεύοντας τον πόνο.

Κάθε δόντι αποτελείται από τέσσερις ιστούς: τον **πολφό**, την **οδοντίνη**, την **οστεΐνη** και την **αδαμαντίνη** (Εικ. 2.1). Ο πολφός δέχεται τα νευρικά ερεθίσματα και τη ροή του αίματος από τις γνάθους μέσω των ριζών. Έτσι, ο πολφός είναι σε θέση να θρέψει την οδοντίνη και να λειτουργήσει ως αισθητήριο όργανο ανιχνεύοντας τον πόνο. Η οδοντίνη



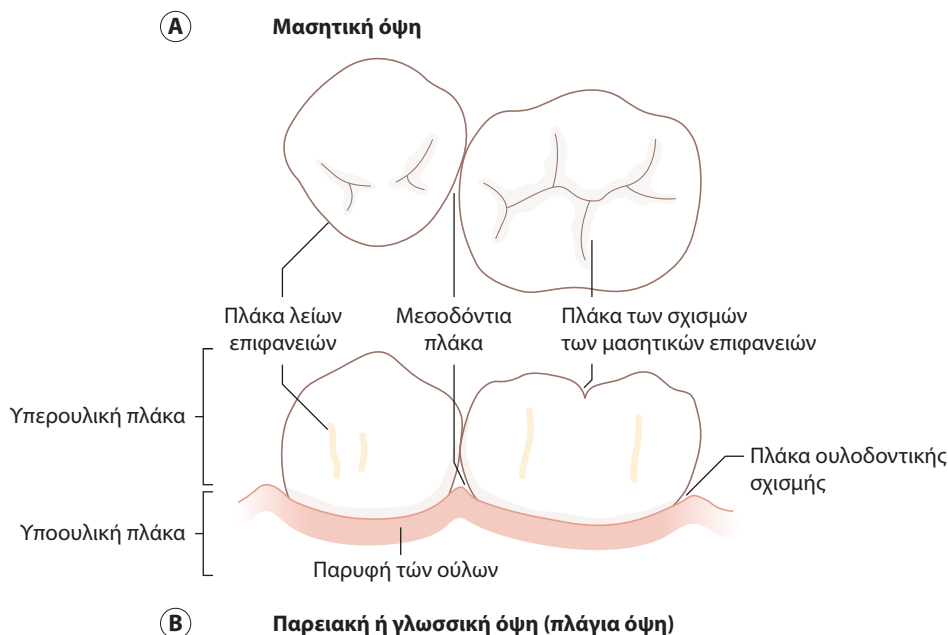
Εικόνα 2.1 Ένα δόντι σε κατάσταση υγείας και νόσου.

αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του δοντιού και λειτουργεί υποστηρίζοντας την αδαμαντίνη και προστατεύοντας τον πολφό. Η οδοντίνη αποτελείται από δέσμες ινών κολλαγόνου που περιβάλλονται από κρυστάλλους αλάτων. Στην οδοντίνη υπάρχουν σωληνάκια που εκτείνονται από τον πολφό έως την ένωση οδοντίνης-αδαμαντίνης και της οδοντίνης-οστεΐνης. Η αδαμαντίνη αποτελεί τον περισσότερο ενασβεστοποιημένο ιστός στο σώμα και είναι συνήθως το μοναδικό μέρος του δοντιού που εκτίθεται στο περιβάλλον. Η οστεΐνη είναι ένας εξειδικευμένος ενασβεστωμένος συνδετικός ιστός που καλύπτει και προστατεύει τη ρίζα του δοντιού. Η οστεΐνη είναι σημαντική για τη σύνδεση του δοντιού με το φατνιακό οστό, καθώς οι ίνες του περιοδοντικού συνδέσμου είναι ενσωματωμένες σε αυτήν και στερεώνουν κάθε δόντι στο φατνιακό οστό. Με την πάροδο της ηλικίας, η υποχώρηση των ουλικών ιστών μπορεί να εκθέσει την οστεΐνη σε μικροβιακό αποικισμό, αυξάνοντας τον κίνδυνο εμφάνισης τερηδόνας της επιφάνειας της ρίζας (βλ. Κεφάλαιο 6).

Η οικολογική πολυπλοκότητα του στόματος αυξάνεται ακόμη περισσότερο λόγω των διαφορετικών βιότοπων στις επιφάνειες των δοντιών. Τα δόντια δεν παρέχουν έναν ομοιόμορφο βιότοπο, καθώς διαθέτουν διάφορες διακριτές επιφάνειες (Πίνακας 2.1, Εικ. 2.2), καθεμία από τις οποίες είναι ιδανική για τον αποικισμό και την ανάπτυξη διαφορετικών μικροβιακών κοινοτήτων. Αυτό οφείλεται στη φύση της κάθε επιφάνειας και στις βιολογικές ιδιότητες που προκύπτουν από αυτήν. Οι περιοχές συσσώρευσης πλάκας μεταξύ των παρακείμενων δοντιών (μεσοδόντιες περιοχές) και η ουλοδοντική σχισμή προσφέρουν τη μεγαλύτερη προστασία στους μικροοργανισμούς που αποικίζουν αυτές τις

περιοχές από τις δυσμενείς συνθήκες του στόματος. Και οι δύο περιοχές μπορεί να γίνουν αναερόβιες και, επιπλέον, η περιοχή της ουλοδοντικής σχισμής διαβρέχεται από τον πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά υγρό της ουλοδοντικής σχισμής (ΥΟΣ) (βλέπε παρακάτω), ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια φλεγμονής. Ως εκ τούτου, η μεσοδόντιες περιοχές και η ουλοδοντική σχισμή συχνά διαθέτουν περισσότερο ποικιλόμορφη μικροβιακή χλωρίδα. Οι λείες επιφάνειες είναι περισσότερο εκτεθειμένες στο περιβάλλον και μπορούν να αποικιστούν μόνο από περιορισμένο αριθμό βακτηριακών ειδών, τα οποία είναι προσαρμοσμένα σε τέτοιες ακραίες συνθήκες. Τα βοθρία και οι σχισμές των μασητικών επιφανειών των δοντιών προσφέρουν επίσης προστασία στους μικροοργανισμούς από δυνάμεις που τείνουν να τους μετακινήσουν, όπως η ροή του σάλιου, και μπορούν να κατακρατούν υπολείμματα τροφής ως πηγή θρεπτικών συστατικών. Οι προστατευμένες περιοχές στα δόντια συνδέονται με τις μεγαλύτερες μικροβιακές κοινότητες και γενικά με τις περισσότερες ασθένειες.

Η σχέση μεταξύ του περιβάλλοντος και της μικροβιακής κοινότητας δεν είναι μονόδρομη. Παρόλο που οι ιδιότητες του περιβάλλοντος καθορίζουν ποιοι μικροοργανισμοί μπορούν να αποικίσουν μια συγκεκριμένη περιοχή, ο μεταβολισμός της μικροβιακής χλωρίδας μπορεί να τροποποιήσει τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του περιβάλλοντος τους. Για παράδειγμα, οι πρώιμοι αποικιστές καταναλώνουν οξυγόνο και απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο, δημιουργώντας ένα περιβάλλον κατάλληλο για την ανάπτυξη υποχρεωτικά αναερόβιων βακτηρίων. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες στην επιφάνεια των δοντιών διαφέρουν σε συνθήκες υγείας και νόσου (βλ. Εικ. 2.1). Για παράδειγμα, καθώς η τερηδόνα εξελίσσεται, το μέτωπο της βλάβης προχωράει και διεισδύει στην οδοντίνη. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι οι πηγές θρεπτικών συστατικών θα αλλάξουν, ενώ οι τοπικές συνθήκες μπορεί να γίνουν πιο όξινες και αναερόβιες λόγω της συσσώρευσης προϊόντων του βακτηριακού μεταβολισμού. Παρομοίως, σε συνθήκες νόσου, η ουλοδοντική σχισμή εξελίσσεται σε περιοδοντικό θύλακο και η ροή του υγρού της ουλοδοντικής σχισμής αυξάνεται. Τα νέα περιβάλλοντα θα επιλέξουν τη μικροβιακή χλωρίδα που είναι καλύτερα προσαρμοσμένη στις επικρατούσες συνθήκες. Αυτή η σχέση είναι δυναμική, καθώς κάθε αλλαγή στο το-



Εικόνα 2.2 Διάγραμμα που παρουσιάζει τις διαφορετικές επιφάνειες ενός δοντιού και την ορολογία που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τα σημεία δειγματοληψίας της οδοντικής πλάκας.

πικό περιβάλλον προκαλεί μια νέα απόκριση από τους μόνιμους μικροοργανισμούς, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολές στη σύνθεση και τον μεταβολισμό της μικροβιακής χλωρίδας.

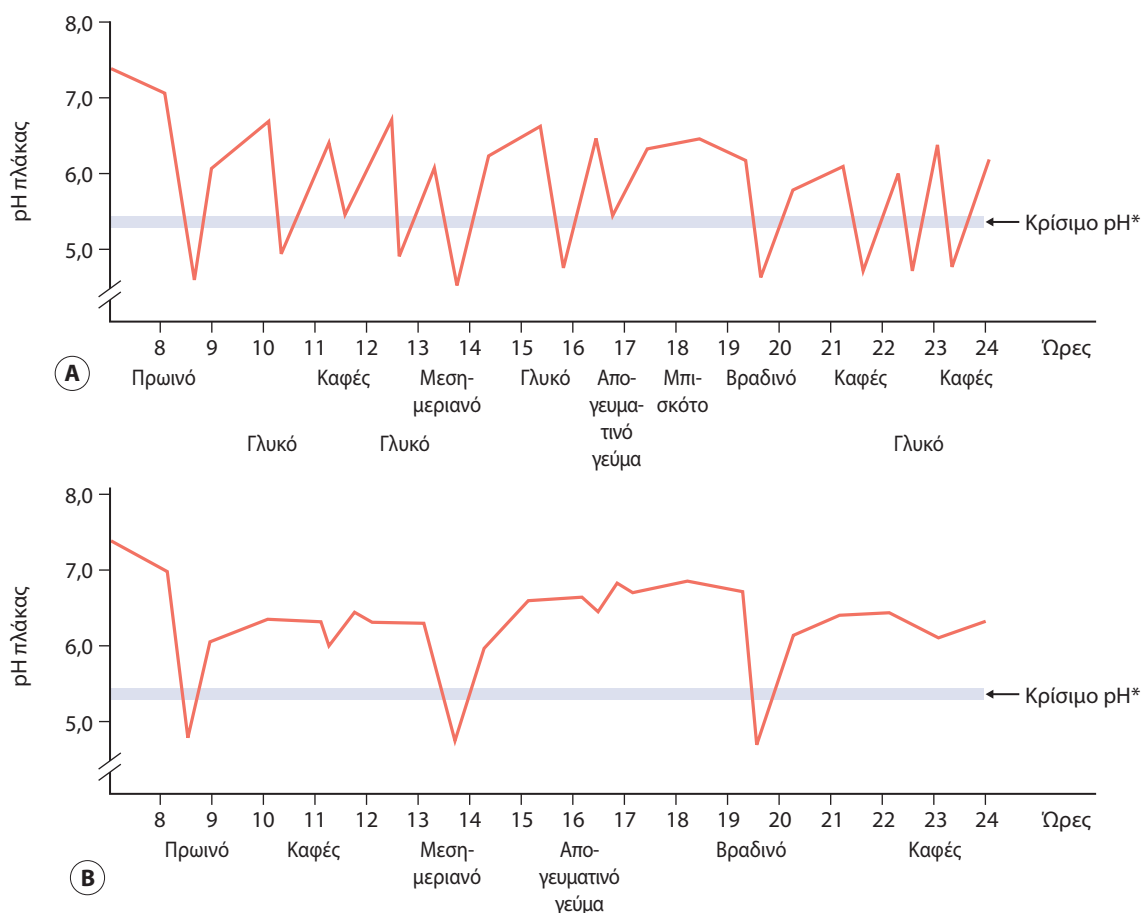
ΣΑΛΙΟ

Το στόμα διατηρείται υγρό και λιπαίνεται από το σάλιο, το οποίο ρέει και σχηματίζει μια λεπτή μεμβράνη (πάχους περίπου 0,1 mm) σε όλες τις εσωτερικές επιφάνειες της στοματικής κοιλότητας. Το σάλιο εισέρχεται στη στοματική κοιλότητα μέσω πόρων από τους μείζονες σιελογόνους αδένες (παρωτίδες, υπογνάθιοι και υπογλώσσιοι σιελογόνοι αδένες) καθώς και από τους ελάσσονες σιελογόνους αδένες του βλεννογόνου του στόματος (στα χείλη, τη γλώσσα, τις παρειές και την υπερώα), όπου παράγεται. Υπάρχουν διαφορές στη χημική σύσταση των εκκρίσεων από κάθε αδέν, αλλά το τελικό μείγμα στο στόμα ονομάζεται «ολικό σάλιο». Το σάλιο αποτελείται κυρίως από νερό (99%) μαζί με πρωτεΐνες (0,3%), ανόργανα μόρια (0,2%), λιπίδια και ορμόνες. Η μέση ροή του σάλιου είναι μικρότερη από 1 mL ανά λεπτό, αλλά παράγονται περίπου 1,0 έως 1,5 λίτρα ημερησίως. Το σάλιο εμφανίζει πολλές λειτουργίες και παίζει ρόλο στη μάσηση, τη γεύση, την πέψη, την κατάποση, τη λίπανση των βλεννογόνων, καθώς και στην επούλωση τραυμάτων. Επιπλέον, συμβάλλει στη διατήρηση της ακεραιότητας των δοντιών, προστατεύοντας από την αφα-

λάτωση και προάγοντας την επαναλάτωση, καθαρίζοντας τα υπολείμματα τροφών και εξουδετερώνοντας τα οξέα που παράγονται από την οδοντική πλάκα κατά τον μεταβολισμό των διαιτητικών υδατανθράκων. Τα διττανθρακικά αποτελούν το κύριο ρυθμιστικό σύστημα του σάλιου, αλλά συμμετέχουν επίσης φωσφορικά άλατα, πεπτιδία και πρωτεΐνες. Η μέση τιμή pH του σάλιου κυμαίνεται από 6,75 έως 7,25, αν και το pH και η ρυθμιστική ικανότητα μεταβάλλονται ανάλογα με τη ροή του. Μέσα στη στοματική κοιλότητα, η ροή του σάλιου και η συγκέντρωση συστατικών όπως οι πρωτεΐνες, το ασβέστιο και τα φωσφορικά άλατα εμφανίζουν κυκλικούς ρυθμούς, με τη χαμηλότερη ροή σάλιου να παρατηρείται κατά τη διάρκεια του ύπνου. Συνεπώς, είναι σημαντικό να αποφεύγεται η κατανάλωση ζαχαρούχων τροφών ή ποτών πριν από τον ύπνο, διότι οι προστατευτικές λειτουργίες του σάλιου θα είναι μειωμένες εκείνες τις ώρες.

Τα κύρια οργανικά συστατικά του σάλιου είναι οι πρωτεΐνες και οι γλυκοπρωτεΐνες, συμπεριλαμβανομένων της αμυλάσης, των πρωτεϊνών πλούσιων σε προλίνη, της σταθερίνης, των ιστατινών, των κυστατινών, των ανοσοσφαιρινών και των βλεννινών. Έχουν ταυτοποιηθεί πάνω από 2000 πρωτεΐνες στο ολικό σάλιο (**πρωτεϊνικό προφίλ του σάλιου – salivary proteome**), αν και η λειτουργία πολλών από αυτές παραμένει άγνωστη.

Το σάλιο παίζει σημαντικό ρόλο τόσο στην προ-



Εικόνα 2.3 Σχηματική αναπαράσταση των μεταβολών του pH της πλάκας σε ένα άτομο που (Α) προσλαμβάνει συχνά ζυμώσιμους υδατάνθρακες μέσα στη μέρα ή (Β) περιορίζει την πρόσληψη υδατανθράκων μόνο στα κύρια γεύματα. *Το κρίσιμο pH είναι το pH κάτω από το οποίο ενισχύεται η αφαλάτωση της αδαμαντίνης.

ώθηση του αποικισμού όσο και στην απομάκρυνση των μικροοργανισμών από τη στοματική κοιλότητα. Το σάλιο περιέχει περίπου 10^8 ζωντανούς μικροοργανισμούς ανά mL, οι οποίοι προέρχονται από επιφάνειες του στόματος, όπως την επιφάνεια της οδοντικής πλάκας και τη γλώσσα. Ωστόσο, αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να διατηρηθούν στο σάλιο μέσω κυτταρικής διαίρεσης, καθώς απομακρύνονται γρήγορα μέσω της **κατάποσης**, η οποία αποτελεί έναν σημαντικό αμυντικό μηχανισμό του ξενιστή. Παραδόξως, το σάλιο παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στη διευκόλυνση του μικροβιακού αποικισμού και της μετέπειτα ανάπτυξης των μικροοργανισμών στη στοματική κοιλότητα. Με αυτούς τους τρόπους, το σάλιο διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στον καθορισμό των μικροοργανισμών που αποτελούν μέρος της μόνιμης μικροβιακής χλωρίδας, καθώς και εκείνων που παρεμποδίζονται και απομακρύνονται. Η προσκόλληση των μικροοργανισμών θα περιγραφεί πιο αναλυτικά στα Κεφάλαια 4 και 5. Οι πρωτεΐνες και οι γλυκοπρωτεΐνες που υπάρ-

χουν στο σάλιο μπορούν να επηρεάσουν τη μικροβιακή χλωρίδα του στόματος με τους εξής τρόπους:

- προσροφώνται στην επιφάνεια των δοντιών και σχηματίζουν μια μεμβράνη (τον επίκτητο σιελικό υμένα), η οποία προστατεύει τις στοματικές επιφάνειες και παρέχει υποδοχείς στους οποίους μπορούν να προσκολληθούν μόνο συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί (βλ. Κεφάλαιο 5),
- λειτουργούν ως κύριες πηγές θρεπτικών συστατικών (υδατανθράκων και πρωτεϊνών) για τη μόνιμη μικροβιακή χλωρίδα,
- διευκολύνουν τη συσσώρευση εξωγενών μικροοργανισμών, διευκολύνοντας την απομάκρυνσή τους από τη στοματική κοιλότητα μέσω της κατάποσης, και
- αναστέλλουν την ανάπτυξη ορισμένων εξωγενών μικροοργανισμών.

Συγκρίνοντας το πρωτεϊνικό προφίλ του ολικού σάλιου με αυτό του πλάσματος, βρέθηκε ότι περίπου το 27% των πρωτεϊνών που ανιχνεύονται στο σάλιο βρίσκονται και στο πλάσμα. Ίσως πιο σημα-

ντικό για το μέλλον είναι το γεγονός ότι σχεδόν 40% των πρωτεϊνών του πλάσματος, που έχουν προταθεί ως πιθανοί βιοδείκτες συστηματικών ασθενειών, όπως ο καρκίνος, οι καρδιαγγειακές παθήσεις και τα εγκεφαλικά επεισόδια, μπορούν να ανιχνευθούν στο σάλιο. Αυτό ανοίγει τη δυνατότητα σχεδιασμού διαγνωστικών δοκιμασιών με δείγματα σάλιου, ώστε να ανιχνεύονται έγκαιρα τα πρώιμα σημεία ασθενειών σε άλλα μέρη του σώματος.

Άλλες αζωτούχες ενώσεις που περιέχονται στο σάλιο περιλαμβάνουν την ουρία και πολυάριθμα αμινοξέα. Οι μικροοργανισμοί του στόματος χρειάζονται αμινοξέα για την ανάπτυξή τους, αλλά δεν είναι όλα διαθέσιμα ελεύθερα στο σάλιο· αντ' αυτού, τα λαμβάνουν από τις πρωτεΐνες και τα πεπτίδια του σάλιου μέσω της δράσης των μικροβιακών πρωτεασών και πεπτιδασών. Η συγκέντρωση των ελεύθερων υδατανθράκων στο σάλιο είναι χαμηλή, και οι περισσότεροι μικροοργανισμοί του στόματος πα-

ράγουν γλυκοσιδάσες για να αποικοδομούν τις πλευρικές αλυσίδες των γλυκοπρωτεϊνών του ξενιστή (βλ. Εικ. 5.11). Ο μεταβολισμός των αμινοξέων, των πεπτιδίων, των πρωτεϊνών και της ουρίας μπορεί να οδηγήσει σε καθαρή παραγωγή αλκαλικών ιόντων, γεγονός που συμβάλλει στην αύξηση του pH μετά την παραγωγή οξέων που ακολουθεί την πρόσληψη ζυμώσιμων υδατανθράκων μέσω της διατροφής (βλ. Εικ. 2.3).

Αντιμικροβιακοί παράγοντες, όπως η λυσοζύμη, η λακτοφερρίνη και το σύστημα της σιαλοϋπεροξειδάσης, υπάρχουν στο σάλιο (βλ. παρακάτω, Πίνακας 2.2) και διαδραματίζουν βασικό ρόλο στον έλεγχο του βακτηριακού και μυκητιακού αποικισμού στη στοματική κοιλότητα. Τα αντισώματα που ανιχνεύονται στο σάλιο περιλαμβάνουν την εκκριτική IgA (secretory IgA - sIgA), η οποία είναι η κυρίαρχη κατηγορία ανοσοσφαιρίνης. Ανιχνεύονται επίσης IgG και IgM, αλλά σε χαμηλότερες συγκε-

Πίνακας 2.2 Ειδικοί και μη ειδικοί αμυντικοί μηχανισμοί του στόματος του ξενιστή

Αμυντικός μηχανισμός	Κύρια λειτουργία
Μη ειδικοί:	
Ροή του σάλιου και του υγρού της ουλοδοντικής σχισμής	Φυσική απομάκρυνση χαλαρά συνδεδεμένων μικροοργανισμών
Βλεννίνες / συγκολλητίνες	Συσσωμάτωση και φυσική απομάκρυνση μικροοργανισμών
Σύστημα λυσοζύμης-πρωτεάσης-ανιόντος	Λύση του κυττάρου
Λακτοφερρίνη	Δέσμευση του σιδήρου
Απο-λακτοφερρίνη	Κυτταρικός θάνατος
Σύστημα σιαλοϋπεροξειδάσης	Παραγωγή υποθειοκυανικών ιόντων (σε ουδέτερο pH) Παραγωγή υποκυανωδών ιόντων (σε χαμηλό pH)
Ιστατίνες	Αντιμυκητιακή και κάποια αντιβακτηριακή δράση
Αμυντίνες (α- & β-)	Αντιμυκητιακή και κάποια αντιβακτηριακή δράση
Κυστατίνες, SLPI & TIMP	Αναστολείς κυστεΐνης, σερίνης και μεταλλοπρωτεάσης
Χιτινάση & χρωμογρανίνη	Αντιμυκητιασική δράση
Καθελισιδίνη (LL37)	Αντιμικροβιακή δράση
Καλπροτεκτίνη	Αντιμικροβιακή δράση
Ειδικά:	
Ενδοεπιθηλιακά λεμφοκύτταρα & κύτταρα Langerhans	Κυτταρικός φραγμός στη διείσδυση βακτηρίων και/ή αντιγόνων
sIgA	Αποτροπή της μικροβιακής προσκόλλησης και του μεταβολισμού
IgG, IgA, IgM	Αποτροπή της μικροβιακής προσκόλλησης και του μεταβολισμού, οψονίνες, ενεργοποιητές συμπληρώματος
Συμπλήρωμα	Ενεργοποιεί τα ουδετερόφιλα
Ουδετερόφιλα/μακροφάγα	Φαγοκυττάρωση

IgA, Ανοσοσφαιρίνη A; IgG, ανοσοσφαιρίνη G; IgM, ανοσοσφαιρίνη M; sIgA, εκκριτική ανοσοσφαιρίνη A; SLPI, εκκριτικός αναστολέας πρωτεάσης λευκοκυττάρων (secretory leukocyte protease inhibitor); TIMP, ιστικοί αναστολείς μεταλλοπρωτεϊνών (tissue inhibitors of metalloproteinases)