

The biological basis of orthodontic tooth movement. New data in the era of “Molecular Dentistry”



D. Konstantonis¹

Orthodontic movement is achieved by means of bone resorption and formation as teeth respond to mechanical forces during treatment. The mechanisms leading to tissue differentiation thus inducing bone remodeling have been thoroughly investigated at a tissue and cellular level. Currently, in the rapidly developing era of Molecular Dentistry, the key role lies to the “mechanical signal transduction pathways” through which the biological phenomena are induced. The present study is a comprehensive review of contemporary theories on orthodontic tooth movement with particular emphasis on the cellular microbiomechanics involved. The main mediators of mechanical stress to the alveolar bone are the cells of the periodontal ligament (PDL). The PDL consists of a heterogeneous cell population comprised by non-differentiated multipotent mesenchymal cells as well as fibroblasts. The periodontal fibroblasts have the capacity to differentiate into osteoblasts in response to various external mechanical stimuli. This feature of the PDL fibroblasts plays a ‘key’ role in the regeneration of the alveolar bone and the acceleration of orthodontic movement. Current research provides scientific data which elucidates the molecular response of the human PDL fibroblasts after mechanical stimulation. Integrins at focal adhesions function both as cell adhesion molecules and intracellular signal receptors. Upon stress application a series of biochemical responses expressed via signaling pathway cascades involve GTPases, MAPKs, transcription factors like AP1 and Runx2 stimulate DNA binding potential to specific genes leading thus to osteoblast differentiation. Consecutively, the activation of cytokines like RANKL and OPG regulates osteoclast activity while the role of inflammation has been recently given particular attention. Human genome decoding along with new data of Molecular Biology provide the long expected thrust to Biological Sciences. Orthodontics, depending on biotechnology is expected to receive a considerable impact.

Key words: orthodontic movement, bone remodeling, periodontal ligament, mechanical stimulation, signal transduction, transcription factor, osteoblast differentiation

Odontostomatological Progress 2013, 67 (3): 414-433

1. DDS, MS, Dr.Dent

Department of Orthodontics, School of Dentistry, National and Kapodistrian University of Athens, 2 Thivon Str., Goudi, 115 27 Athens

Η βιολογική βάση της ορθοδοντικής μετακίνησης. Νέα δεδομένα στην εποχή της «Μοριακής Οδοντιατρικής»



Δ. Κωνσταντώνης¹

Οι ορθοδοντικές μετακινήσεις οφείλονται στην ικανότητα του φατριακού οστού να αναδιαμορφώνεται καθώς τα δόντια αποκρίνονται στην ασκούμενη μηχανική δύναμη. Ο μηχανισμός μέσω του οποίου η ασκούμενη δύναμη οδηγεί τους ιστούς να διαφοροποιηθούν ώστε να προκύψει ο κύκλος της οστικής αναδόμησης/απορρόφησης είχε έως σήμερα διερευνηθεί σε ιστικό και κυτταρικό επίπεδο. Στη σημερινή εποχή της ταχέως εξελισσόμενης Μοριακής Οδοντιατρικής εξέχοντα ρόλο διαδραματίζουν οι μηχανισμοί μοριακής σηματοδότησης μέσω των οποίων επάγονται τα βιολογικά φαινόμενα. Ο σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η εκτενής ανασκόπηση των σύγχρονων θεωριών της ορθοδοντικής μετακίνησης με ιδιαίτερη έμφαση στο εμπλεκόμενο σύστημα κυτταρικής μικρο-εμβιομηχανικής. Οι κύριοι διαμεσολαβητές της μηχανικής τάσης στο φατριακό οστόν είναι τα κύτταρα του περιρρίζου. Το περιρρίζιο αποτελείται από ένα ετερογενή κυτταρικό πληθυσμό που περιλαμβάνει μη διαφοροποιημένα πολυδύναμα μεσεγχυματικά κύτταρα, καθώς και ινοβλάστες. Οι ινοβλάστες έχουν την ικανότητα να διαφοροποιούνται σε οστεοβλάστες ως απόκριση σε διάφορα εξωτερικά μηχανικά ερεθίσματα. Αυτό το χαρακτηριστικό των ινοβλαστών παίζει ένα ρόλο-κλειδί στην αναγέννηση του φατριακού οστού και στην επιτάχυνση της ορθοδοντικής μετακίνησης.

Σύγχρονα επιστημονικά δεδομένα διευκρινίζουν τη μοριακή απόκριση των ανθρώπινων ινοβλαστών του ΠΔΣ στη μηχανική διέγερση. Στις εστίες προσκόλλησης οι ιντεγρίνες λειτουργούν τόσο ως μόρια προσκόλλησης κυττάρων όσο και ως ενδοκυτταρικοί υποδοχείς σήματος. Κατά την εφαρμογή τάσης μια σειρά βιοχημικών αντιδράσεων εκφράζονται μέσω σηματοδοτικών αλληλουχιών που περιλαμβάνουν GTPases, MAPKs, παράγοντες μεταγραφής όπως AP1 και Runx2, που προκαλούν διέγερση του δυναμικού πρόσδεσης του DNA και διαφοροποίηση προς οστεοβλαστικό φαινότυπο. Ακολούθως, η ενεργοποίηση των κυτοκινών, όπως RANKL και OPG, ρυθμίζει την οστεοκλαστική δραστηριότητα, ενώ ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί πρόσφατα στο ρόλο της φλεγμονής. Η αποκρυστογράφιση του ανθρώπινου γονιδιώματος σε συνδυασμό με τα νέα δεδομένα της Μοριακής Βιολογίας παρέχουν την από καιρού αναμενόμενη ώθηση στις Βιολογικές επιστήμες. Η Ορθοδοντική, εξαρτώμενη από τη βιοτεχνολογία, αναμένεται να επηρεαστεί σημαντικότερα.

Λέξεις ευρητηρίου: ορθοδοντική μετακίνηση, οστική αναδιαμόρφωση, περιρρίζιο, μηχανική διέγερση, μηχανική κυτταρική σηματοδότηση, μεταγραφικός παράγων, οστεοβλαστική διαφοροποίηση

Οδοντοστοματολογική Πρόοδος 2013, 67 (3): 414-433

1. Ορθοδοντικός

Εργαστήριο Ορθοδοντικής, Οδοντιατρική Σχολή Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Θηβών 2, Γουδί, 115 27 Αθήνα