

## ASPECTUL IMUNOLOGIC AL DEPLASĂRILOR DENTARE ÎN TRATAMENTUL ORTODONTIC

**Botnaru Corina–Nicoleta,**

*Rezident în ortodonție, Catedra de ortodonție,  
USMF „Nicolae Testemițanu“*

**Trifan Valentina,**

*Doctor în științe medicale, conferențiar universitar,  
Catedra de ortodonție, USMF „Nicolae Testemițanu“*

**Trifan Daniela,**

*Asistent universitar, Catedra de ortodonție, „USMF  
Nicolae Testemițanu“*

**Oleg Solomon,**

*Doctor în științe medicale, conferențiar universitar,  
Catedra de stomatologie ortopedică „Iarion Postolachi“, USMF „Nicolae Testemițanu“*

## IMMUNOLOGICAL ASPECTS OF DENTAL MOVEMENTS IN ORTHODONTIC TREATMENT

**Botnaru Corina–Nicoleta,**

*Resident in orthodontics, Department of  
Orthodontics, SUMPh “Nicolae Testemițanu”*

**Trifan Valentina,**

*Doctor in medical sciences, associate professor,  
Department of Orthodontics, SUMPh “Nicolae  
Testemițanu”*

**Trifan Daniela,**

*University assistant, Department of Orthodontics,  
SUMPh “Nicolae Testemițanu”*

**Oleg Solomon,**

*Doctor in medical sciences, associate professor,  
Department of Prosthodontics “Iarion Postolachi”,  
SUMPh “Nicolae Testemițanu”*

### Rezumat

Ortodonția este construită pe principiile de bază ale fizicii, referitoare la corpurile în mișcare în spațiu. Desigur, mișcările din ortodonție se complică, deoarece aceste corpuri în mișcare se află în cavitatea orală și sunt supuse unor sisteme de forțe mai complexe decât poate prezice mecanica simplă. Biomecanica este o parte importantă a ortodonției și este studiul echilibrului static și a efectelor forțelor asupra sistemelor biologice. Tratamentul ortodontic este un tratament inclusiv care include ajustarea creșterii zonei craniofaciale și reconstrucția oaselor alveolare care afectează mișcarea dinților. Aplicarea forțelor ortodontice pentru a corecta anomaliile dentare prin remodelarea oaselor alveolare implică o combinație de evenimente celulare și moleculare în țesutul periodontal. Mișcarea dentară ortodontică se bazează pe remodelarea ligamentului parodontal și a oaselor alveolare indusă de forță. Biomecanica unui dinte provoacă o reacție inflamatorie în țesutul gingival. Markerii imuni stimulează procesele biologice asociate cu resorbția oaselor alveolare [3].

**Scopul lucrării:** Evidențierea răspunsului inflamator imun în tratamentul ortodontic.

**Obiectivele lucrării:** 1. Imunologia în ortodonție. 2. Biomecanica deplasărilor dentare în sens vertical și transversal. 3. Reactivitatea imunologică la pacienții ortodontici.

**Cuvinte-cheie:** remodelare/regenerare osoasă, deplasare dentară, citokine, răspuns imun, forță ortodontică.

### Summary

Orthodontics is built upon the basic principles of physics regarding bodies in motion in space. Of course, the movements in orthodontics become more complex, as these moving bodies are located in the oral cavity and are subjected to systems of forces more complex than simple mechanics can predict. Biomechanics is an important part of orthodontics and is the study of static equilibrium and the effects of forces on biological systems. Orthodontic treatment is an inclusive treatment that includes growth adjustment of the craniofacial area and alveolar bone reconstruction that affects the movement of teeth. Apply orthodontic forces to correct teeth anomaly via alveolar bone remodeling includes a combination of cellular and molecular events in the gum. Orthodontic tooth movement is based on force induced periodontal ligament and alveolar bone remodeling. Mechanical motivation on a tooth causes an inflamed response in the gum tissue. Inflammatory immune markers stimulate the biological processes associated with alveolar bone resorption. the significance role inflammatory immune response in orthodontic treatment.

**The purpose of the article:** The significant role that plays inflammatory immune response in orthodontic treatment.

**The objectives of the article:** 1. Immunology in orthodontics. 2. Biomechanics of vertical (intrusion, extrusion) and transverse (midline suture, torque movement) tooth movements. 3. Immune reactivity in orthodontic patients.

## Introducere

Aplicarea forțelor ortodontice în tratamentul dizarmoniilor dentare include o serie de procese moleculare și celulare la nivelul periodontului: ligamentele periodontale, osul alveolar, cement și gingie. Ligamentele periodontale și osul alveolar sunt elementele care participă activ în procesele de remodelare osoasă, datorită forțelor ortodontice exercitate asupra aparatului dento-maxilar. Mișcarea dentară obținută prin aplicarea forțelor ortodontice este posibilă datorită fenomenelor de resorbție și apozitie osoasă.

Răspunsul histologic la presiunea exercitată depinde de factorii individuali (lungimea și forma rădăcinii, metabolismul local și general, tipul de creștere facială și forța ocluzală), de condițiile fiziologice (vârstă, sex) și anatomice (poziția dintelui, densitatea osoasă și sănătatea periodontală) [7].

### **Imunologia în ortodonție.**

Remanierarea tisulară terapeutică din timpul mișcării dentare, depinde de intensitatea, durata și ritmul de aplicare al forței ortodontice, ca și de rezistența individuală a țesuturilor asupra cărora acționează.

Când se aplică o forță ortodontică pe dintele care trebuie să efectueze o mișcare dentară, apare o arie de presiune pe direcția mișcării dintelui, iar de partea opusă apare o arie de tensiune. Ariile de presiune și tensiune nu apar de-a lungul axului lung al dintelui, pentru că nu este un corp liber, ci în jurul mișcării de rotație a dintelui față de centrul lui de rezistență, prin intermediul ligamentului periodontal [5].

Presiunea determină întinderea fibrelor periodontale și are ca efect resorbția osului alveolar (faza catabolică). Osteoclastele sunt văzute în lacune asociate zonei de presiune unde predomină fenomenele de rezorbție osoasă *suprafața resorbțivă de-a lungul peretelui osos alveolar, spre care se mișcă dintele*, numărul celulelor sporind atunci când migrarea dentară este rapidă.

Tensiunea produce comprimarea fibrelor periodontale și are ca efect apozitia osului alveolar (faza anabolică). Zona de tensiune este caracterizată de osteoblaști care depozitează osteoidul nemineralizat. Tehnicile specifice de colorare dezvăluie modul în care fibrele vechi ale ligamentului paradontal sunt înconjurate de o matrice osoasă nou depusă. Simultan, fibrele noi de colagen sunt produse pe suprafața osoasă [6].

Mișcarea dentară are la bază două teorii, care sunt incompatibile și nu se exclud una pe alta.

*Teoria bioelectrică* leagă mișcarea dentară de modificările metabolice ale organismului uman, care sunt controlate de semnalele electrice, care se produc când osul alveolar se flectează și se îndoaie.

*Teoria presiune-tensiune* leagă mișcarea dentară de modificările celulare produse de mesagerii chimici eliberați ca răspuns la modificările de presiune din vasele sanguine. Teoria presiune-tensiune presupune trei stadii ale modificărilor celulare:

- modificările de presiune sanguină se asociază cu presarea ligamentului periodontal;

**Key-words:** *bone remodeling/regeneration, orthodontic tooth movement, cytokines, immune response, orthodontic forces.*

## Introduction

The application of orthodontic forces in the treatment of dental disharmonies involves a series of molecular and cellular processes at the level of the periodontium: periodontal ligaments, alveolar bone, cement, and gingiva. Periodontal ligaments and alveolar bone are the elements that actively participate in bone remodeling processes, due to the orthodontic forces applied to the dento-maxillary apparatus. Tooth movement achieved through the application of orthodontic forces is possible due to the phenomena of bone resorption and apposition.

The histologic response to applied pressure depends on individual factors (root length and shape, local and general metabolism, facial growth type, and occlusal force), physiological conditions (age, sex), and anatomical conditions (tooth position, bone density, and periodontal health) [7].

### **Immunology in orthodontics:**

The therapeutic tissue remodeling during tooth movement depends on the intensity, duration, and rate of orthodontic force application, as well as the individual resistance of the tissues on which it acts.

When an orthodontic force is applied to a tooth that needs to perform a dental movement, a pressure area appears in the direction of the tooth movement, and a tension area appears on the opposite side. The pressure and tension areas do not occur along the long axis of the tooth, as it is not a free body, but around the rotational movement of the tooth relative to its center of resistance, through the periodontal ligament [5].

Pressure causes stretching of the periodontal fibers and results in the resorption of alveolar bone (the catabolic phase). Osteoclasts are seen in lacunae associated with the pressure zone where bone resorption predominates along the surface of the alveolar bone wall towards which the tooth moves, with the number of cells increasing when tooth migration is rapid.

Tension produces compression of the periodontal fibers and results in apposition of alveolar bone (the anabolic phase). The tension zone is characterized by osteoblasts that deposit unmineralized osteoid. Specific staining techniques reveal how old collagen fibers of the periodontal ligament are surrounded by newly deposited bone matrix. At the same time, new collagen fibers are produced on the bone surface [6].

Dental movement is based on two theories that are incompatible and do not exclude each other.

1. The bioelectric theory links dental movement to metabolic changes in the human body, which are controlled by electrical signals that occur when the alveolar bone flexes and bends.

2. The pressure-tension theory links dental movement to cellular changes produced by chemical mes-

- eliberarea mesagerilor chimici (prostaglandine, citokine, ciclul adezinmonofosfat);
- activarea celulelor [5].

Procesul acesta durează cât timp acționează forța ortodontică, dar se continuă și după încetarea ei, prin restructurare tisulară. De aceea, cele mai indicate forțe sunt cele mici și continue ( $20\text{--}30\text{g/cm}^2$ ) sau medii și intermitente ( $30\text{g/cm}^2$ ), pentru ca țesuturile să aibă timpul necesar de remodelare și restructurare [7].

Forța optimă produce un nivel de presiune în ligamentul periodontal care alungesc fibrele de collagen și se menține vitalitatea țesuturilor periodontale. Dacă forța de acțiune este prea mare și continuă, țesuturile nu mai pot să se refacă, resorbția este continuă, iar dințele se mobilizează. Dacă forța de compresiune asupra ligamentului periodontal este prea mare, acesta are o reacție de hialinizare a fibrelor și dințele nu mai poate fi deplasat până nu dispăre această zonă [2,15].

Se urmăresc 4 faze imunologice în timpul mișcărilor dentare datorate forței ortodontice:

În *faza inițială* a mișcării dentare, răspunsul imunologic determinat de compresiunea țesuturilor periodontale se produce datorită terminațiilor nervoase libere, care eliberează neuropectinele, responsabile de inflamație și de apariția macrofagelor, prin producerea de prostaglandine și prin producerea fenomenelor piezoelectrice în circulația intraosoasă. Deplasarea imediată a dintelui poate dura 5 — 6 zile după reacția biologică, care are rolul de a restabili echilibrul momentan perturbat. În această fază, grosimea ligamentelor periodontale este mai importantă decât intensitatea forței ortodontice aplicate.

În *faza de întârziere* se produc zone de hialinizare a fibrelor periodontale, la forța de compresiune între 50 — 100g. Faza de hialinizare debutează la 36 ore după aplicarea forței ortodontice și durează între 12 — 15 zile, timp în care mișcarea dentară nu se mai produce. În această nouă situație, țesuturile încearcă să restabilească un nou echilibru, osul alveolar este resorbit (osteoclaste), spațiul periodontal vecin se restaurează, se elimină zona de hialinizare, care este reocupată de capilare și celule normale. Numai după acest timp de eliminare a ariei de hialinizare se poate relua mișcarea dentară. Pentru ca să nu apară zona de hialinizare sunt necesare trei condiții:

- condiții mecanice — aplicarea de forțe lejere care să permită resorbția osoasă;
- condiții anatomice — periodonțiul trebuie să fie sănătos și complet;
- controlul inflamației [3,13].

În *faza de deplasare progresivă* se observă o deplasare rapidă a dintelui și corespunde perioadei de resorbție a osului alveolar, prin acțiunea osteoclastelor din matricea extracelulară osoasă. Resorbția osului alveolar se face direct, la nivelul suprafeței osului în contact cu rădăcina dintelui și indirect, la nivelul spațiilor medulare, care se propagă spre corticala osoasă. În această fază, forța trebuie să aibă un anumit prag de intensitate pentru a produce mișcarea (bascularea) dintelui. Modificarea inițială din structura citos-

engens released in response to pressure changes in blood vessels. The pressure-tension theory involves three stages of cellular changes:

- Blood pressure changes are associated with compression of the periodontal ligament.
- Release of chemical messengers (prostaglandins, cytokines, cyclic adenosine monophosphate).
- Activation of cells [5].

This process lasts as long as orthodontic force is applied, but it continues even after it has ceased, through tissue restructuring. Therefore, the most appropriate forces are small and continuous ( $20\text{--}30\text{g/cm}^2$ ) or medium and intermittent ( $30\text{g/cm}^2$ ), to give tissues the necessary time for remodeling and restructuring [7].

Optimal force produces a level of pressure in the periodontal ligament that stretches the collagen fibers and maintains the vitality of periodontal tissues. If the force is too high and continuous, tissues cannot regenerate, resorption continues, and the tooth becomes mobile. If the compressive force on the periodontal ligament is too high, it has a hyalinization reaction of the fibers, and the tooth cannot be moved until this area disappears [2,15].

There are 4 *immunologic phases* that occur during dental movements caused by orthodontic force:

1. In the *initial phase of dental movement*, the immune response determined by compression of periodontal tissues occurs due to free nerve endings that release neuropectins, responsible for inflammation and the appearance of macrophages, through the production of prostaglandins and the production of piezoelectric phenomena in the intraosseous circulation. The immediate displacement of the tooth can last for 5–6 days after the biological reaction, which has the role of restoring momentarily disturbed equilibrium. In this phase, the thickness of the periodontal ligaments is more important than the intensity of the applied orthodontic force.

2. During the *delay phase*, areas of hyalinization of periodontal fibers are produced under a compressive force between 50–100g. The hyalinization phase begins 36 hours after the application of orthodontic force and lasts between 12–15 days, during which dental movement no longer occurs. In this new situation, the tissues try to restore a new equilibrium, the alveolar bone is resorbed (by osteoclasts), the neighboring periodontal space is restored, the hyalinization zone is eliminated, which is reoccupied by capillaries and normal cells. Only after this time of elimination of the hyalinization area can dental movement resume. Three conditions are necessary to avoid the occurrence of the hyalinization zone:

- Mechanical conditions — the application of light forces that allow for bone resorption;
- Anatomical conditions — the periodontium must be healthy and complete;
- Inflammation control [3,13].

3. During the *progressive displacement phase*, a rapid movement of the tooth is observed, corre-

cheletică va fi responsabilă de semnalul de transducție, care se va propaga datorită diferenței conexiunilor existente între matricea celulară și intracelulară. Modificarea transcriptazei din citoplasma celulelor osoase reglează mecanismul de transcripție interior — exterior. Secreția de osteopontine din fluidul periodontal este proporțională cu forța mecanică și are rol în transmiterea semnalului transmembranal. Fenomenele de tensiune intracelulare și extracelulare activează canalele membranale ionice și stimulează schimburile ionice de  $Ca^{++}$ . Semnalul mecanic dat de compresiunea terminațiilor nervoase eliberează neurotransmițătorii, care au rol în migrarea extravasculară a macrofagelor, monocitelor și a citochininelor, ca o reacție inițială inflamatorie. Reacția inflamatorie este caracterizată prin vasodilatație periodontală, cu migrarea leucocitelor din capilarele ligamentelor periodontale. Procesul de resorbție osoasă este responsabil de eliberarea prostaglandinelor și a citochininelor. Prostaglandinele produc secreția de osteoblaste și osteoclaste. Citochininele produc secreția de leucocite, monocite, macrofage, limfocite și fibroblaste. În timpul inflamației periodontale inițiale, sunt eliberate enzime responsabile de deplasarea dentară (lactatdehidrogenaza, fosfataza alcalină, cathepsina B și plasminogenul activ), care au ca răspuns degradarea matricei extracelulare, ca efect la stresul mecanic [3,13].

*Apoziția osoasă* urmează după obținerea mișcării dentare, în zona de tensiune, prin mitoză celulelor nediferențiate în diferențiate (osteoblaste și fibroblaste). Apoziția osoasă durează o anumită perioadă de timp, până se formează osul nou și corespunde perioadei de contenție. În această perioadă de timp, dinții trebuie menținuți în noua poziție, iar remanierea osoasă oferă dinților o poziție stabilă în timp. Dacă timpul necesar acestui proces nu este respectat, dintele face o recidivă a mișcării, într-un timp relativ scurt [9].

***Biomecanica deplasărilor dentare în sens vertical (intruzia, extruzia) și transversal (sutura mediană, mișcarea de torque).***

În esență, dintele se mișcă prin os purtându-și propriul aparat de susținere, pe măsură ce alveola dintelui migrează. Răspunsul osului fiind mediat de către ligamentul periodontal, putem afirma că mișcarea dintelui este în mod primar un fenomen al acestui ligament.

Forțele aplicate pe dinți pot afecta tiparul apoziției și resorbției osoase la distanță, în special la nivelul suturilor maxilarului și suprafețelor osoase ale ambelor compartimente ale ATM. Astfel, răspunsul biologic la terapia ortodontică include nu numai răspunsul ligamentului periodontal, ci și răspunsul suprafețelor osoase la distanță de dențatie [5].

Sunt câteva aspecte importante în biomecanica ortodontică:

- Dacă pe un corp acționează în același punct mai multe forțe, el se comportă ca și cum pe el ar acționa o singură forță de intensitate, direcție și sens egale.

sponding to the period of alveolar bone resorption, due to the action of osteoclasts in the extracellular bone matrix. Alveolar bone resorption occurs directly at the level of the bone surface in contact with the tooth root and indirectly at the level of the medullary spaces, which spread to the bone cortex. In this phase, the force must have a certain threshold intensity to produce tooth movement (tilting).

The initial modification of the cytoskeletal structure will be responsible for the transduction signal, which will propagate due to the differences in connections between the extracellular and intracellular matrix. Modification of transcriptase in the cytoplasm of bone cells regulates the interior–exterior transcription mechanism. The secretion of osteopontin in the periodontal fluid is proportional to the mechanical force and plays a role in transmitting the transmembrane signal. Intracellular and extracellular tension phenomena activate ion channel membranes and stimulate  $Ca^{++}$  ion exchanges. The mechanical signal given by the compression of nerve endings releases neurotransmitters that play a role in the extravascular migration of macrophages, monocytes, and cytokines as an initial inflammatory reaction.

The inflammatory reaction is characterized by periodontal vasodilation, with the migration of leukocytes from the capillaries of the periodontal ligament. The bone resorption process is responsible for the release of prostaglandins and cytokines. Prostaglandins produce the secretion of osteoblasts and osteoclasts. Cytokines produce the secretion of leukocytes, monocytes, macrophages, lymphocytes, and fibroblasts. During the initial periodontal inflammation, enzymes responsible for tooth movement (lactate dehydrogenase, alkaline phosphatase, cathepsin B, and plasminogen activator) are released, which degrade the extracellular matrix in response to mechanical stress [3,13].

4. Bone apposition follows tooth movement in the tension zone through the mitosis of undifferentiated cells into differentiated cells (osteoblasts and fibroblasts). Bone apposition takes a certain amount of time until new bone is formed and corresponds to *the retention period*. During this time, teeth must be maintained in the new position, and bone remodeling provides teeth with a stable position over time. If the time required for this process is not respected, the tooth will experience a relapse of movement in a relatively short time [9].

***Biomechanics of vertical (intrusion, extrusion) and transverse (midline suture, torque movement) tooth movements.***

Essentially, the tooth moves through the bone while carrying its own supporting apparatus, as the tooth's alveolus migrates. The response of the bone is mediated by the periodontal ligament, thus we can say that tooth movement is primarily a phenomenon of this ligament.

Forces applied to teeth can affect the pattern of bone apposition and resorption at a distance, espe-

- Dacă se aplică două forțe de aceeași direcție și de același sens, acțiunea lor se sumează.
- Dacă direcția e aceeași, dar sensul contrar, la intensitate egală, acțiunea celor două forțe se anulează. Dacă intensitatea diferă, rezultanta va fi egală cu diferența între cele două forțe, iar deplasarea se face în sensul forței mai mari.
- Dacă direcțiile a două forțe sunt paralele, iar sensul contrar și acțiunea lor este tangențială, apare mișcarea de rotație [10].

În plan vertical:

*Intruzia* reprezintă o mișcare în care tensiunea și presiunea vor fi pozitive, iar forța trebuie aplicată distal de centrul de rezistență.

Necesită un control atent al intensității forțelor astfel încât se vor aplica numai forțe de intensitate mică deoarece zonele de compresiune vor fi concentrate pe o arie mică, la nivelul apexului. La tineri este favorabilă pentru intruzie o forță continuă, ușoară. În cazurile în care osul alveolar este dispus mai aproape de apex, crește riscul resorbției radiculare la nivel apical. În timp ce un dinte este intrudat, dinții adiacenți sunt extrudați, cu excepția cazului în care sunt ancorați [5].

Se poate realiza intruzia dinților frontali inferiori de 3–4 mm, intruzia incisivilor centrali superiori de 1–2 mm și intruzia incisivilor laterali superiori de 2–4 mm. Cu platoul retroincizal se poate realiza numai intruzia incisivilor inferiori [7].

*Extruzia* reprezintă o mișcare către planul de ocluzie, unde există o tensiune pozitivă și presiune negativă [9].

Forțele de extruzie ar trebui să aibă aproximativ aceeași intensitate cu forțele pentru basculare. Extruzia dinților este o leziune caracterizată prin separarea parțială sau totală a ligamentului parodontal care are ca rezultat mobilitatea și deplasarea dintelui, în timp ce un dinte este extrudat, dinții adiacenți sunt ușor intrudați, cu excepția cazului în care sunt ancorați [5].

Forța optimă ortodontică necesară extruziei dentare este între 25–30g, o forță minimală și se realizează cu elastice verticale, aparate extraorale, pe o perioadă scurtă de timp.

În plan transversal:

*Mișcarea de torque* este o deplasare mai mult radiculară, în sens vestibulo–oral, coroana fiind mai puțin deplasată sau chiar menținută pe loc.

Forța este repartizată pe toată suprafața radiculară. Mișcarea rădăcinii are loc atunci când centrul de rotație se află la sau lângă marginea incizală, iar rotația are loc în jurul acestui punct. Prin urmare, coroana este deplasată mai puțin decât rădăcina. Mișcările rădăcinilor necesită mai mult timp din cauza resorbției osoase necesare pentru a avea loc mișcarea [6].

Mișcarea radiculară este realizată cu ajutorul arcurilor rectangulare pe secțiune ale aparatelor ortodontice fixe poliagregate de tip Edgewise (curburi de ordinul III) sau de tip Straight wire (torque în slot–ul brackets–lor) [6].

cială la nivelul suturilor maxilare și suprafețele osoase ale ambelor compartimente ale TMJ. Astfel, răspunsul biologic la terapia ortodontică include nu numai răspunsul ligamentului parodontal, ci și răspunsul suprafețelor osoase distale de la dentura [5].

Există unele aspecte importante în biomecanica ortodontică:

- Dacă mai multe forțe acționează asupra unui corp în același timp, se comportă ca și cum o singură forță de aceeași intensitate, direcție și sens acționează asupra lui.
- Dacă două forțe de aceeași direcție și sens acționează asupra unui corp, acțiunile lor se adună.
- Dacă direcția este aceeași, dar sensul este opus, cu aceeași intensitate, acțiunea celor două forțe se anulează. Dacă intensitățile diferă, rezultanta va fi egală cu diferența dintre cele două forțe, iar mișcarea va fi în direcția forței mai mari.
- Dacă direcțiile a două forțe sunt paralele, dar sensul este opus, și acțiunea lor este tangențială, apare mișcarea de rotație [10].

În plan vertical:

Intruzia reprezintă o mișcare în care tensiunea și presiunea vor fi pozitive, iar forța trebuie aplicată distal de centrul de rezistență. Necesită un control atent al intensității forțelor astfel încât se vor aplica numai forțe de intensitate mică deoarece zonele de compresiune vor fi concentrate pe o arie mică, la nivelul apexului. La tineri este favorabilă pentru intruzie o forță continuă, ușoară. În cazurile în care osul alveolar este dispus mai aproape de apex, crește riscul resorbției radiculare la nivel apical. În timp ce un dinte este intrudat, dinții adiacenți sunt extrudați, cu excepția cazului în care sunt ancorați [5]. Se poate realiza intruzia dinților frontali inferiori de 3–4 mm, intruzia incisivilor centrali superiori de 1–2 mm și intruzia incisivilor laterali superiori de 2–4 mm. Cu platoul retroincizal se poate realiza numai intruzia incisivilor inferiori [7]. Extruzia reprezintă o mișcare către planul de ocluzie, unde există o tensiune pozitivă și presiune negativă [9]. Forțele de extruzie ar trebui să aibă aproximativ aceeași intensitate cu forțele pentru basculare. Extruzia dinților este o leziune caracterizată prin separarea parțială sau totală a ligamentului parodontal care are ca rezultat mobilitatea și deplasarea dintelui, în timp ce un dinte este extrudat, dinții adiacenți sunt ușor intrudați, cu excepția cazului în care sunt ancorați [5]. Forța optimă ortodontică necesară extruziei dentare este între 25–30g, o forță minimală și se realizează cu elastice verticale, aparate extraorale, pe o perioadă scurtă de timp.

Intruzia dinților frontali inferiori de 3–4 mm, intruzia incisivilor centrali superiori de 1–2 mm, și intruzia incisivilor laterali superiori de 2–4 mm. Intruzia dinților inferiori poate fi realizată cu o placă incizală retroincizală [7].

Extruzia reprezintă o mișcare către planul de ocluzie, unde există o tensiune pozitivă și presiune negativă [9]. Forțele de extruzie ar trebui să aibă aproximativ aceeași intensitate cu forțele pentru basculare. Extruzia dinților este o leziune caracterizată prin separarea parțială sau totală a ligamentului parodontal care are ca rezultat mobilitatea și deplasarea dintelui, în timp ce un dinte este extrudat, dinții adiacenți sunt ușor intrudați, cu excepția cazului în care sunt ancorați [5]. Forța optimă ortodontică necesară extruziei dentare este între 25–30g, o forță minimală și se realizează cu elastice verticale, aparate extraorale, pe o perioadă scurtă de timp.

Extruzia dinților este o leziune caracterizată prin separarea parțială sau totală a ligamentului parodontal care are ca rezultat mobilitatea și deplasarea dintelui, în timp ce un dinte este extrudat, dinții adiacenți sunt ușor intrudați, cu excepția cazului în care sunt ancorați [5]. Forța optimă ortodontică necesară extruziei dentare este între 25–30g, o forță minimală și se realizează cu elastice verticale, aparate extraorale, pe o perioadă scurtă de timp.

În plan transversal:

*Mișcarea de torque* este o deplasare mai mult radiculară, în sens vestibulo–oral, coroana fiind mai puțin deplasată sau chiar menținută pe loc. Forța este repartizată pe toată suprafața radiculară. Mișcarea rădăcinii are loc atunci când centrul de rotație se află la sau lângă marginea incizală, iar rotația are loc în jurul acestui punct. Prin urmare, coroana este deplasată mai puțin decât rădăcina. Mișcările rădăcinilor necesită mai mult timp din cauza resorbției osoase necesare pentru a avea loc mișcarea [6]. Mișcarea radiculară este realizată cu ajutorul arcurilor rectangulare pe secțiune ale aparatelor ortodontice fixe poliagregate de tip Edgewise (curburi de ordinul III) sau de tip Straight wire (torque în slot–ul brackets–lor) [6].

Forțele ortodontice aplicate pe dinții posteriori afectează local, tiparul de apozitie și resorbție și la distanță, zonele de creștere (suturile maxilare, articulația temporo-mandibulară).

În expansiunile excesive, fibrele sunt întinse de partea tensiunii, timp de 2–3 luni.

În mișcarea rapidă de torque, tendința de recidivă este mai redusă în  $\frac{1}{3}$  apicală decât în  $\frac{1}{3}$  medie a rădăcinii [8].

Un aparat ortodontic este alcătuit din elemente active care sunt folosite pentru obținerea deplasării dentare și elemente reactive care sunt folosite pentru ancorarea aparatului și care nu trebuie să se deplaseze [7].

Raportul momentul forței/forța aplicată este bine controlat de aparatul fix față de cea mobilă. Când raportul momentul forței/forță este egal cu distanța dintre brackets și centrul de rezistență, centrul de rotație se află la infinit și apare o mișcare de translație pură [12].

În tehnica *Edgewise*, forța este aplicată în punctul coronar unde este aplicat bracket-ul. Pentru mișcarea de translație, forța trebuie aplicată în centrul de rezistență al dintelui, dar nu este posibil. Astfel, forța aplicată în punctul coronar va genera un moment al forței și pe lângă mișcarea de translație, dintele va face și o mișcare de rotație nedorită.

Pentru a evita rotația, se aplică un moment al forței suplimentar pe brackets, de mărime egală și de sens opus cu cel generat de forța inițială. Cele două momente ale forței se vor anula reciproc, iar rezultanta va fi o mișcare de translație pură [6].

Pentru a menține dinții pe pozițiile lor din zona ancorajului, suma suprafețelor radiculare trebuie să fie mai mare decât cea care trebuie deplasată. Când se dorește o mișcare reciprocă, cele două zone trebuie să fie egale. Zona ancorajului poate fi intraorală (dinții de partea opusă, osul alveolar), extraorală (craniu, față sau gât) sau musculară. Planificarea ancorajului este esențială în terapia ortodontică și se face individualizat, în funcție de numărul și tipul dinților care trebuie deplasați și de durata și tipul mișcării dentare [2,15].

Coeficientul de deplasare dentară:

Poate fi considerat un coeficient acceptabil al deplasării dentare 1mm/luna (Walters, Ricketts, Chateau), acesta este dependent de o serie de factori:

- Forța aplicată. Sub acest aspect, se consideră că atât forțele mici, cât și cele mari pot determina deplasările dinților, totuși, se admite că la forțe de intensități mai mici, care reduc și evită hialinizarea ligamentului periodontal, coeficientul de deplasare va fi mai mare (Walters).
- Vârsta pacientului. Aceasta influențează coeficientul de deplasare. Astfel, la adult, ligamentul periodontal fiind mai puțin celular decât la copii iar osul mai dens, rata deplasării dentare va fi mai mică decât la copii [1].

the root. Root movements require more time because bone resorption is necessary for movement to occur [6].

Root movement is achieved with the help of rectangular section wires in fixed orthodontic appliances, such as Edgewise (third-order curves) or Straight wire (torque in bracket slots) [6].

Orthodontic forces applied to the posterior teeth affect both local positioning and resorption patterns, as well as growth zones at a distance, such as the maxillary sutures and the temporomandibular joint.

In excessive expansion, the fibers are stretched on the tension side for 2–3 months.

In rapid torque movement, the tendency for relapse is lower in the apical third of the root than in the middle third [8].

An orthodontic appliance is composed of active elements used to achieve tooth movement and reactive elements used to anchor the appliance in place, which should not move [7].

The ratio of torque to force applied is well controlled in fixed appliances compared to mobile ones. When the ratio of torque to force is equal to the distance between the brackets and the center of resistance, the center of rotation is at infinity and a pure translation movement occurs [12].

In the Edgewise technique, force is applied at the coronal point where the bracket is placed. For a translational movement, force must be applied at the center of resistance of the tooth, but this is not possible. Thus, force applied at the coronal point will generate a torque in addition to the translational movement, resulting in an unwanted rotational movement of the tooth [6].

To avoid rotation, an additional torque equal in magnitude and opposite in direction to the initial force is applied to the brackets. The two forces cancel each other out, resulting in a pure translational movement.

To maintain teeth in their anchorage positions, the sum of the root surfaces must be greater than the surface area to be moved. When reciprocal movement is desired, the two areas must be equal. Anchorage can be intraoral (teeth on the opposite side, alveolar bone), extraoral (skull, face, or neck), or muscular. Planning for anchorage is essential in orthodontic therapy and is done on an individual basis, depending on the number and type of teeth to be moved and the duration and type of tooth movement [2,15].

*The coefficient of tooth displacement:*

A coefficient of tooth displacement of 1mm/month (Walters, Ricketts, Chateau) can be considered an acceptable coefficient of tooth displacement, which is dependent on a number of factors:

- The force applied. It is considered that both small and large forces can cause tooth movement, but it is believed that with lower intensity forces that reduce and avoid hyalinization of the periodontal ligament, the coefficient of displacement will be higher (Walters).

### **Reactivitatea imunologică la pacienții ortodontici.**

Acest mecanism începe o dată cu aplicarea forței pe suprafețele dentare, în urma căruia se reduce substanțial fluxul sanguin din țesutul parodontal. În lipsa unui aport de oxigen, celulele osoase se supun hipoxiei și reducerea troficității, iar ca urmare osteoclastele încep procesul de liză osoasă.

În acel moment, sistemul imunitar primește un semn de alarmă, generând un răspuns.

În locul leziunii endoteliale aderă leucocitele de la nivelul endoteliului vascular și se formează microtrombi [1].

Neutrofilele și macrofagele sunt atrase la nivelul focarului inflamator sub acțiunea factorilor chemotactici pentru prezentarea antigenilor cu activarea răspunsului imun specific, produc și citokine și enzime care induc resorbția osoasă [3].

Staza locală determină aderarea leucocitelor de endoteliul vascular prin intermediul moleculelor de adeziune exprimate de celulele endoteliale. Are loc apoi rostogolirea leucocitelor la suprafața endoteliului, traversarea peretelui capilar pentru a ajunge în spațiul interstițial. Fagocitoza este determinată de aderarea sau înglobarea particulei străine (endocitoza) cu formarea fagolizozomilor. Mediatorii inflamatori sunt prostaglandinele, iar ele acționează direct asupra fibroclăștilor, osteoclaștilor și mențin liza țesuturilor. Astfel acest proces capătă un caracter cronic [9].

Din punct de vedere histologic, însă în zonele de presiune are loc resorbție osoasă directă, prin osteoclastie, și indirectă prin mecanismele umorale, iar în zonele de tensiune apare o depunere de osteoid, care se va mineraliza în timp și va genera țesut osos lamelar, care se va organiza în sisteme haversiene [4].

*În zona de tensiune va începe vindecarea plăgii.* Multe tipuri de celule, factori de creștere și alte proteine interacționează pentru o vindecare eficientă și rapidă. Pe vasele lezate și țesutul subendotelial expus la sânge trombocitele încep să adere de proteinele de colagen eliberând granule ce conțin difosfat-adenozin, serotonina și tromboxan. Trombocite adiționale sunt atrase în zonă și contribuie la formarea cheagului. Dopul de trombocite este apoi întărit de o matrice de fibre de proteine insolubile denumită fibrina care este formată ca rezultat al cascadei hemostazei [9].

Diferite proteine și alte substanțe necesare pentru repararea și vindecarea țesuturilor sunt secretate de trei tipuri de granule (alfa, delta și lambda) localizate în interiorul trombocitelor [3].

În trombocite se găsesc factorii de creștere esențiali care stimulează un răspuns imun specific vindecării, din ei cei mai importanți sunt:

**PDGF** este chemotactic pentru polimorfonucleate, macrofage, fibroblaști și celule netede musculare. De asemenea, stimulează multiplicarea celulelor stem pentru fibroblaști și celule endoteliale ducând la formarea capilarelor, stimulează producția de fibro-

— The age of the patient. This influences the coefficient of displacement. Thus, in adults, the periodontal ligament is less cellular than in children and the bone is denser, resulting in a lower rate of tooth displacement than in children [1].

### **Immune reactivity in orthodontic patients.**

*This mechanism begins with the application of force on the dental surfaces, which substantially reduces the blood flow in the periodontal tissue. In the absence of oxygen supply, bone cells undergo hypoxia and reduced trophicity, and as a result, osteoclasts begin the process of bone resorption.*

*At that moment, the immune system receives an alarm signal, generating a response.*

*Leukocytes adhere to the endothelial cells of the vascular endothelium at the site of injury and microtrombi are formed [1].*

*Neutrophils and macrophages are attracted to the inflammatory focus under the action of chemotactic factors to present antigens with specific immune response activation, producing cytokines and enzymes that induce bone resorption [3].*

*Local stasis leads to leukocyte adherence to the vascular endothelium through adhesion molecules expressed by endothelial cells. Then, leukocytes roll on the surface of the endothelium, cross the capillary wall to reach the interstitial space. Phagocytosis is determined by adhesion or engulfment of the foreign particle (endocytosis) with the formation of phagolysosomes. Inflammatory mediators are prostaglandins, which act directly on fibroblasts, osteoclasts, and maintain tissue lysis. Thus, this process becomes chronic [9].*

*From a histological point of view, direct bone resorption occurs in pressure zones through osteoclast activity, and indirect resorption occurs through humoral mechanisms, while in tension zones, osteoid deposition occurs, which will mineralize over time and generate lamellar bone tissue, which will organize into Haversian systems [4].*

In the area of tension, wound healing begins. Many types of cells, growth factors, and other proteins interact for efficient and rapid healing. Platelets begin to adhere to collagen proteins and release granules containing adenosine diphosphate, serotonin, and thromboxane on the damaged vessels and subendothelial tissue exposed to blood. Additional platelets are attracted to the area and contribute to clot formation. The platelet plug is then reinforced by a matrix of insoluble protein fibers called fibrin, which is formed as a result of the hemostasis cascade [9].

Different proteins and other substances necessary for tissue repair and healing are secreted by three types of granules (alpha, delta, and lambda) located inside platelets [3].

Platelets contain essential growth factors that stimulate a specific immune response to healing, with the most important being:

**PDGF** is chemotactic for polymorphonuclear cells, macrophages, fibroblasts, and smooth muscle

nectina — o moleculă de adeziune folosită în proliferarea și migrarea din timpul vindecării, incluzând și osteoconducția.

**TGF- $\beta$**  stimulează chemotaxia fibroblaștilor, producția de colagen și fibronectină și inhibă degradarea colagenului prin scăderea proteazelor și creșterea inhibitorilor de proteaze, toate în favoarea fibrogenezei.

**TGF- $\alpha$  1 și TGF- $\alpha$  2**, care stimulează chemotaxia și mitogeneza osteoblastelor, are loc depunerea de os în fazele inițiale ale regenerării osoase.

**IGF** — stimulează diferențierea celulelor stem, mărește metabolismul osteoblastelor și sinteza colagenului.

**PDEGF** — stimulează celulele endoteliale și influențează asupra angiogenezei.

**EGF** — stimulează proliferarea fibroblaștilor și osteoblaștilor, precum și secreția fibronectinei.

**FGF** — stimulează angiogeneza, induce producerea TGF în celulele osteoblaste [4,14].

### Concluzii:

1. Factorii sistemului imunitar (celule, citokine, imunoglobuline) sunt direct responsabili de resorbția osoasă alveolară ce generează mișcarea dinților și resorbția nemoderată a rădăcinilor.

2. Pentru a putea înțelege reacția dinților la forțele pe care le aplicăm, precum și modul în care trebuie aplicate, este necesar să înțelegem aceste noțiuni din biomecanică, precum și implicațiile anatomiei și fiziologiei aparatului dento-maxilar. Pe lângă legile fundamentale ale fizicii, mișcarea dentară este stimulată de semnalele sistemului imunitar, care dirijează procesele biologice de resorbție și apozitie. Fenomenele reparatorii în cursul unui tratament ortodontic depind în prim plan de sănătatea psihologică și imunologică a pacientului.

3. Toate aceste mecanisme generate de un sistem imun sănătos, facilitează mișcările dentare fără a afecta viabilitatea acestuia în timpul, dar și după unui tratament ortodontic efectuat corect.

### Bibliografie / Bibliography

1. Brudvik, P. and P. Rygh (1993). „The initial phase of orthodontic root resorption incident to local compression of the periodontal ligament.” *The European Journal of Orthodontics* 15(4): 249–263.
2. Boboc L. „Tratamentul anomaliilor dento-maxilare prin tehnica edgewise” Editura Medicala 1997.
3. Dereka XE, Markopoulou CE, Vrotsos IA. Role of growth factors on periodontal repair. *Growth Factors* 2006; p 24–260.
4. Dohan D., Rasmusson L., Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet rich plasma (P-PRP) to leucocyte and platelet rich fibrin (LPRF). *Trends Biotechnology*, 2009. 27. Nr. 3. p. 158–67.

5. Dorobăț V; Stanciu D. „Ortodonție și ortopedie dento-facială.” Editura Medicală 2011. P. 203–211.
6. Graber, „Orthodontics. Current principles and techniques” Sixth edition, 2017, pag 282–284.
7. Zegan G. „Ortodonție și ortopedie dento-facială. Tehnici contemporane” Editura PIM, Iași, 2012. P. 248–264.
8. [https://www.researchgate.net/publication/352293194\\_Immune\\_Changes\\_Induced\\_by\\_Orthodontic\\_Forces\\_A\\_Critical\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/352293194_Immune_Changes_Induced_by_Orthodontic_Forces_A_Critical_Review) consultat la 27.03.2023.
9. [https://www.researchgate.net/publication/347927060\\_PHYSIOLOGICAL\\_ROLE\\_OF\\_IMMUNE\\_SYSTEM\\_ELEMENTS\\_IN\\_ORTHODONTIC\\_TREATMENT](https://www.researchgate.net/publication/347927060_PHYSIOLOGICAL_ROLE_OF_IMMUNE_SYSTEM_ELEMENTS_IN_ORTHODONTIC_TREATMENT) consultat la 26.03.2023.
10. <https://discoverortho.com/wp-content/uploads/2021/06/Fizica-in-ortodontie.pdf> consultat la 27.03.2023.

11. <https://zdocs.ro/doc/td-iiicurs-1biomecanica-fooroelor-ortodontice-pi-deplas-erile-dentareap-ortodontice-r8pg7lr8z5px> consultat la 28.03.2023.
12. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s12903-022-02180-8-pdf?pdf=button%20sticky> consultat la 29.03.2023.
13. <https://progressinorthodontics.springeropen.com/counter/pdf/10.1186/s40510-020-00307-7.pdf> accesat la 01.04.2023.
14. <https://www.ijmd.ro/wp-content/uploads/2019/09/015-Anne-Marie-RAUTEN-437-441-.pdf> accesat la 27.03.2023.
15. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00056-023-00473-3.pdf?pdf=button> accesat la 27.03.2023.

cells. It also stimulates the multiplication of stem cells for fibroblasts and endothelial cells, leading to capillary formation, and stimulates fibronectin production — an adhesion molecule used in proliferation and migration during healing, including osteoconduction.

**TGF- $\beta$**  stimulates fibroblast chemotaxis, collagen and fibronectin production, and inhibits collagen degradation by decreasing proteases and increasing protease inhibitors, all in favor of fibrogenesis.

**TGF- $\alpha$  1 and TGF- $\alpha$  2**, which stimulate osteoblast chemotaxis and mitogenesis, cause bone deposition in the early stages of bone regeneration.

**IGF** stimulates stem cell differentiation, increases osteoblast metabolism, and collagen synthesis.

**PDEGF** stimulates endothelial cells and influences angiogenesis.

**EGF** stimulates fibroblast and osteoblast proliferation, as well as fibronectin secretion.

**FGF** stimulates angiogenesis and induces TGF production in osteoblast cells [4,14].

### Conclusions

1. The immune system factors (cells, cytokines, immunoglobulins) are directly responsible for alveolar bone resorption that generates tooth movement and moderate root resorption.

2. To understand the reaction of teeth to the forces we apply, as well as how they should be applied, it is necessary to understand these biomechanical concepts, as well as the implications of the anatomy and physiology of the dento-maxillary apparatus. In addition to the fundamental laws of physics, dental movement is stimulated by signals from the immune system, which direct the biological processes of resorption and deposition. The reparative phenomena during orthodontic treatment depend primarily on the psychological and immune health of the patient.

3. All of these mechanisms generated by a healthy immune system facilitate dental movements without affecting its viability during and after proper orthodontic treatment.