
PENGARUH PEMBERIAN KALSIMUM SITRAT TERHADAP JUMLAH OSTEOKLAS DAN LUAS PERMUKAAN YANG TERESORPSI PADA GIGI KELINCI YANG DIGERAKKAN SECARA ORTODONTI

(EFFECT OF CALCIUM CITRATE ON OSTEOCLASTS NUMBER AND THE WIDTH OF RESORPTED AREA ON RABBIT TOOTH DUE TO ORTHODONTIC TOOTH MOVEMENT)

Sandra Mega, Ameta Primasari

Program of Magister Study
Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Sumatera Utara
Jl Alumni No. 2 Kampus USU Medan 20155
E-mail: drgsandramega81@gmail.com

Abstract

Root resorption is an adverse effect of orthodontic treatment which is characterized by the presence of osteoclasts in the form of phagocytes and multinucleated. Various factors influence the extent of root resorption, including systemic calcium level because calcium is the major mineral bone and teeth formation. Application of calcium citrate may play a role in the formation and stability of alveolar bone and teeth. The aim of this study was to determine the effect of calcium citrate on the amount of osteoclasts and width of resorpted area in orthodontic tooth movement. Subjects of this study were obtained thirteen male rabbits were divided into three groups: the first group consists of one rabbit without any treatment as a normal group, and the remains divided into two groups which consists of six rabbits where 9 mm long closed coil-spring was placed between mandibular first molar and incisor, generating 60 g of force, with or without the application of calcium citrate for 7, 21 and 35. The result showed that less osteoclasts and smaller resorption area were found in orthodontic tooth movement with calcium citrate application ($p < 0.05$). There was a correlation between the amount of osteoclasts and the width of resorpted area ($r = 0.933$). It means that the increasing of osteoclasts occurred along with the increased resorpted area. It can be concluded that calcium citrate can reduce the width of resorpted area in orthodontic tooth movement.

Key words: resorpted, osteoclast, width of resorpted area, calcium citrate

Abstrak

Resorpsi akar merupakan efek samping dalam perawatan ortodonti yang ditandai dengan adanya osteoklas yang berbentuk fagosit dan multinuklear. Faktor yang mempengaruhi kadar resorpsi akar termasuk level kalsium sistemik, karena kalsium merupakan mineral utama pembentuk tulang dan gigi. Pemberian kalsium dapat berperan dalam pembentukan dan stabilitas tulang alveolar dan gigi. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh kalsium sitrat terhadap jumlah osteoklas dan luas permukaan area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik. Subyek penelitian adalah 13 ekor kelinci jantan yang dibagi menjadi 3 kelompok. Kelompok pertama terdiri dari 1 ekor kelinci yang tidak diberi perlakuan sebagai kelompok normal, sisanya dibagi menjadi 2 kelompok yang masing-masing terdiri dari 6 ekor kelinci yang dipasangkan *closed coil spring* sepanjang 9 mm yang terhubung dari molar pertama ke insisivus mandibula dengan kekuatan 60 gr dengan dan tanpa pemberian kalsium sitrat selama 7, 21, dan 35 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat jumlah osteoklas yang lebih sedikit dan luas area yang teresorpsi lebih kecil pada kelompok pemberian kalsium sitrat ($p < 0,05$) dan terdapat hubungan antara jumlah osteoklas dengan luas permukaan area yang teresorpsi ($r = 0,993$). Artinya peningkatan jumlah osteoklas sejalan dengan penambahan luas area yang teresorpsi. Dapat disimpulkan bahwa pemberian kalsium sitrat akan mengurangi luas permukaan area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik.

Kata kunci: resorpsi, osteoklas, luas area yang teresorpsi, kalsium sitrat

PENDAHULUAN

Respons biologi gigi dan jaringan periodontal terhadap gaya yang dilepaskan oleh peranti ortodonti akan menekan mahkota gigi dan diteruskan melalui akar gigi ke ligamen periodontal dan tulang alveolar.¹ Hal ini akan menyebabkan permukaan tulang alveolar yang mendapatkan tekanan mengalami proses resorpsi oleh osteoklas dan pada sisi yang berlawanan mengalami tarikan atau proses aposisi oleh osteoblas. Kedua proses ini dinamakan remodeling berdasarkan prinsip atau hukum Wolf.¹⁻⁵ Kehadiran osteoklas di daerah remodeling merupakan suatu keadaan yang mengawali pergerakan gigi.⁶ Aktifitas osteoklas dan osteoblas akan terjadi seiring dengan respons inflamasi pada jaringan sekitarnya.⁷ Osteoklas dan osteoblas merupakan sel sensitif yang mampu memperbaiki sistem homeostasis yang terganggu oleh gaya ortodonti. Resorpsi tulang dalam perawatan ortodonti tergantung pada proliferasi dan diferensiasi osteoklas dalam ligamentum periodontal dan tulang alveolar.⁸

Gaya ortodonti yang diaplikasikan ke gigi akan memberikan efek kerja biologis yang sama terhadap tulang dan sementum, yang dipisahkan oleh membran periodontal.⁵ Jika tidak ada perbedaan perlakuan pada tulang dan sementum, maka keduanya akan mengalami resorpsi yang sama. Namun karena sementum memiliki sifat yang lebih resisten terhadap resorpsi, maka gaya yang akan diberikan akan menyebabkan resorpsi pada tulang terlebih dahulu, sehingga dapat terjadi pergerakan gigi, meskipun pada kondisi tertentu resorpsi sementum dan dentin dapat juga terjadi.^{9,10}

Resorpsi akar merupakan efek samping dalam perawatan ortodonti yang kurang mendapat perhatian. Resorpsi permukaan akar terjadi di sisi tekanan tidak lama setelah aplikasi gaya.⁶ Diagnosa resorpsi akar biasanya dilihat dengan menggunakan radiograf periapikal. Namun radiograf periapikal bukan merupakan alat akurat untuk mendiagnosis resorpsi akar terutama pada tahap awal, karena resorpsi yang hanya terjadi di sementum tidak akan terlihat di radiograf periapikal.^{7,10}

Hasimoto dkk. melakukan penelitian menggunakan tikus dan menemukan bahwa gigi molar pertama maksila tikus yang digerakkan menggunakan *coil spring* dengan kekuatan 30 gram dan pemberian *osteocalcin*, terlihat jumlah osteoklas yang lebih banyak di daerah mesial molar pertama. Hal ini menandakan bahwa pemberian *osteocalcin* tersebut memberikan efek pergerakan gigi yang lebih cepat namun dapat menyebabkan resorpsi akar yang dilihat dari jumlah osteoklas dan luas area yang teresorpsi.¹¹ Resorpsi akar terjadi akibat diferensiasi

makrofag menjadi odontoklas yang akan meresorpsi permukaan akar serta dentin akar.⁶ Odontoklas memiliki karakteristik sitologis dan fungsional yang serupa dengan osteoklas. Tingkat keparahan resorpsi akar bervariasi terlihat dari lubang mikroskopis yang dilihat dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menandakan terjadi kehancuran pada permukaan akar. Patogenesis telah diperkirakan sebagai penyingkiran jaringan nekrotik pada daerah periodontal yang mengalami tekanan oleh beban ortodonti.⁷

Faktor yang mempengaruhi kadar resorpsi akar adalah level kalsium sistemik. Level kalsium yang rendah mengakibatkan hipoparatiroidisme sekunder dan peningkatan sekresi hormon paratiroid serta metabolit vitamin D aktif. Kedua hormon tersebut dapat merangsang peningkatan resorpsi tulang melalui stimulasi osteoklas.¹²

Tulang dan gigi yang baik dapat menunjang keberhasilan perawatan gigi terutama perawatan ortodonti. Tulang yang baik kualitasnya, antara lain memiliki kandungan mineral yang cukup, terutama kalsium yang merupakan mineral utama pembentuk tulang dan gigi.¹³

Ada beberapa usaha yang dilakukan untuk meminimalkan resorpsi akar. Seperti yang telah dinyatakan sebelumnya, level serum kalsium yang rendah juga dapat merangsang resorpsi tulang dan akar. Perubahan pada level serum kalsium merupakan faktor penentu bagi resorpsi akar walau terdapat peranan penting hormon paratiroid dalam pengaturan resorpsi tulang. Oleh sebab itu, tampaknya ada kemungkinan bahwa peningkatan level kalsium dapat menghambat sekresi hormon paratiroid sehingga menghambat resorpsi akar.^{13,14} Obat-obatan mungkin dapat digunakan dimasa mendatang untuk membantu atau menghambat pergerakan gigi semasa perawatan ortodonti.¹⁴ Prostaglandin yang diaplikasikan secara klinis telah terbukti dapat meningkatkan resorpsi akar.¹² Namun, hingga kini belum ada penelitian mengenai pengaruh kalsium sitrat saat perawatan ortodonti dan pengaruhnya pada resorpsi akar.

Cara terbaik untuk mendapatkan kalsium adalah yang berasal dari asupan makanan sehari-hari, tetapi untuk orang yang tidak mendapatkan kalsium yang cukup dari makanan dapat mengkonsumsi suplemen kalsium. Suplemen kalsium yang biasa dikonsumsi antara lain: kalsium karbonat, kalsium sitrat, kalsium laktat. Suplemen kalsium terbaik adalah kalsium sitrat dan kalsium karbonat, karena mudah didapat, mengandung kalsium elemental dalam jumlah besar, memiliki *bioavailability* yang lebih tinggi sehingga mudah diserap di dalam tubuh.^{13,14}

Informasi ilmiah tentang proses resorpsi akar dan

pemberian suplemen kalsium masih terbatas. Namun informasi ilmiah yang dimaksud sangat dibutuhkan untuk pencegah terjadinya resorpsi akar yang berlebihan pada saat perawatan ortodonti. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui pengaruh kalsium terhadap resorpsi akar ditinjau dari jumlah osteoklas dan luas permukaan akar gigi yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris murni untuk mengetahui pengaruh kalsium terhadap jumlah osteoklas dan luas area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik. Populasi dalam penelitian ini adalah 13 ekor kelinci jantan berusia 45 bulan seberat 1800-2000 gram. Hewan ditempatkan selama satu minggu di dalam kandang yang berukuran 1,5x1 m. Cahaya ruangan dikontrol tepat 12 jam terang dan 12 jam gelap sedangkan suhu dan kelembaban ruangan dibiarkan berada pada kisaran normal. Kelinci diberi makanan sayuran dan wortel setiap hari. Air minum segar diberikan setiap hari. Pada kelompok pertama tidak diberi tindakan, disebut kelompok normal untuk melihat jumlah osteoklas. Kelompok kedua yaitu 6 ekor kelinci diberi anastesi IP dengan 0,7 ml Ketamin HCL/BB, dengan 12 gigi molar kanan dan kiri dipasang pesawat ortodonti yaitu *closed coil spring* sepanjang 9 mm yang terhubung dari molar pertama ke insisivus mandibula (Gambar 1) dan kelompok ketiga yaitu 6 ekor kelinci jantan diberi anastesi IP dengan 0,7 ml Ketamin HCL/BB dengan 12 gigi molar kanan dan kiri dipasang pesawat ortodonti yaitu *closed coil spring* sepanjang 9 mm yang terhubung dari molar pertama ke insisivus mandibula dan setiap hari kelinci diberi kalsium sitrat sebanyak 243 mg/ekor/oral/hari. Diaplikasikan gaya sebesar 60 gram dan ligasi digunakan untuk menahan kawat ligatur ke gigi. *Ethical Clearance* diperoleh dari Komite Etik Penelitian Hewan Fakultas MIPA Universitas Sumatera Utara.

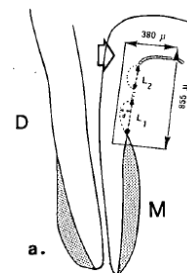


Gambar 1. Pemasangan *closed coil spring*

Tablet kalsium sitrat yang digunakan berbentuk tablet Merk GNC. Tiap kalsium sitrat mengandung 1000 mg kalsium sitrat murni. Tablet kalsium sitrat (1 tablet) digerus dalam cawan penggerus sampai halus, ditimbang dengan neraca analitik sebesar 1458 mg (untuk 1 kandang kelinci), kemudian dimasukkan ke dalam botol kecil dan dilarutkan dalam 6ml. Akuades diambil dengan menggunakan mikropipet, kemudian dimasukan magnet kecil ke dalam botol dan tutup botol dengan ketat. Bubuk kalsium diaduk selama \pm 15 menit dengan menggunakan stirrer sampai menjadi larutan kalsium yang homogen.

Cara pemberian dengan menggunakan jarum suntik yang ujungnya diganti dengan alat yang tumpul (jarum *gavage*) agar tidak menyakiti kelinci pada saat asupan, kalsium tersebut langsung dimasukkan kedalam lambung. Pemberian suplemen kalsium dilakukan pada pagi hari selama 7, 21 dan 35 hari.

Selanjutnya hewan dibunuh dengan cara eterisasi. Bagian rahang kanan dan kiri dari enam kelinci jantan diambil setelah 7, 21 dan 35 hari. Spesimen didekalsifikasi dengan asam formik dan ditempatkan dalam blok parafin. Potongan setebal 5 μ m diambil dalam arah mesiodistal, dengan kedalaman hingga mencapai bagian tengah dari akar mesial molar pertama. Spesimen yang sudah dipotong dilakukan pewarnaan menggunakan Haematoksilin Eosin. Pemeriksaan ditujukan di daerah interradi-kuler dilihat di bawah mikroskop dan daerah resorpsi di permukaan mesial akar molar pertama diukur menggunakan program komputasi. Dua pemeriksa mencatat dimensi dan area kavitas permukaan yang teresorpsi di permukaan mesial akar tersebut (Gambar 2).



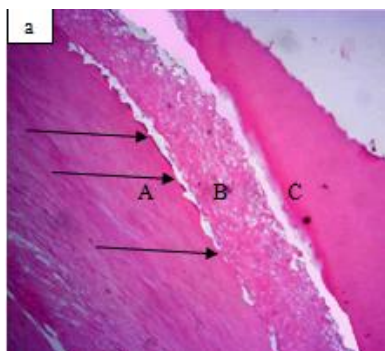
Gambar 2. Area yang diperiksa secara histologis

Dalam penelitian ini untuk melihat perbedaan antar kelompok kontrol dan kelompok perlakuan digunakan uji Mann Whitney dan seluruh data yang diperoleh diolah dengan program SPSS.

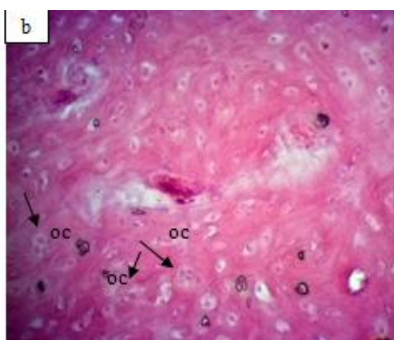
HASIL

Urutan tampilan hasil penelitian ini yaitu; (1) Jumlah osteoklas (2) Luas permukaan area yang di-

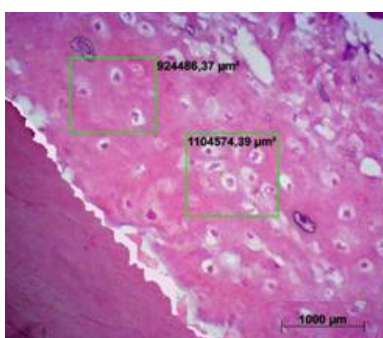
resorpsi dapat dilihat dengan gambaran histopatologi (Gambar 3a,3b,3c).



Gambar 3a. Arah panah menunjukkan daerah yang mengalami tekanan; A, akar mesial molar pertama; B inter radikuar; C, akar distal molar pertama (pembesaran 10x)



Gambar 3b. Perubahan histologis pada jaringan periodontal. oc.Osteoklas(40x)



Gambar 3c. Luas area yang teresorpsi

Tabel 1 menunjukkan rerata jumlah osteoklas dan luas permukaan area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik pada kelompok kalsium dan non kalsium 7, 21 dan 35 hari. Rerata jumlah osteoklas terbanyak didapat pada K1(4,875 ± 2,25) dan jumlah osteoklas paling sedikit pada P2(1,75 ± 0,96). Sedangkan luas permukaan area yang teresorpsi paling luas pada K1 (134,61 ± 27,86) dan paling sedikit pada K3 (48,95 ± 63,18).

Tabel 1. Rerata jumlah osteoklas dan luas permukaan area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik dengan pemberian kalsium dan tanpa pemberian kalsium pada 7, 21 dan 35 hari

Kelompok	Rerata jumlah osteoklas (X ± SD)	Rerataluas permukaan area yang teresorpsi (X ± SD) (x10 ⁴ μm ²)
K0	1 ± 0,00	7,70 ± 3,07
K1	4,875 ± 2,25	134,61 ± 27,86
K2	3,125 ± 1,65	62,99 ± 59,79
K3	2,625 ± 1,80	48,95 ± 63,18
P1	2,5 ± 0,91	56,71 ± 33,66
P2	1,75 ± 0,96	58,05 ± 84,68
P3	2,5 ± 1,29	71,636 ± 79,69

Keterangan: K0= kelompok normal, K1=non kalsium 7 hari, K2= non kalsium 21 hari, K3= non kalsium 35 hari, P1= kalsium 7 hari, P2= kalsium 21 hari dan P3= kalsium 35 hari.

Hasil analisis distribusi data dan homogenitas varians adalah sebagai berikut; semua data jumlah osteoklas dan luas permukaan area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik dengan pemberian kalsium dan tanpa pemberian kalsium distribusinya tidak normal dan variansi datanya juga tidak homogen. Hasil ini tidak memenuhi asumsi untuk dapat dilakukan uji parametrik. Kemudian dilakukan transformasi data dan didapatkan data yang tidak normal dan variansinya tetap tidak homogen.

Tabel 2. Perbedaan masing-masing kelompok dalam jumlah osteoklas dan luas permukaan area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik dengan pemberian kalsium dan tanpa pemberian kalsium pada 7, 21 dan 35 hari

Kelompok	Rerata jumlah osteoklas (X ± SD)	p	Rerata luas permukaan area yang teresorpsi (X ± SD) (x10 ⁴ μm ²)	p
K0-K1	1 ± 0,00	0,06	7,70 ± 3,07	0,064
	4,875 ± 2,25		134,61 ± 27,86	
K0-P1	1 ± 0,00	0,06	7,70 ± 3,07	0,064
	2,5 ± 0,91		56,71 ± 33,66	
K1-P1	4,875 ± 2,25	0,08	134,61 ± 27,86*	0,021
	2,5 ± 0,91		56,71 ± 33,66	
K0-K2	1 ± 0,00	0,14	7,70 ± 3,07	0,064
	3,125 ± 1,65		62,99 ± 59,79	
K0-P2	1 ± 0,00	0,27	7,70 ± 3,07	0,100
	1,75 ± 0,96		58,05 ± 84,68	
K2-P2	3,125 ± 1,65	0,18	62,99 ± 59,79	0,564
	1,75 ± 0,96		58,05 ± 84,68	
K0-K3	1 ± 0,00	0,14	7,70 ± 3,07	0,165
	2,625 ± 1,80		48,95 ± 63,18	
K0-P3	1 ± 0,00	0,14	7,70 ± 3,07	0,165
	2,5 ± 1,29		71,636 ± 79,69	
K3-P3	2,625 ± 1,80	1,000	48,95 ± 63,18	0,564
	2,5 ± 1,29		71,636 ± 79,69	

*p< 0,05= signifikan antara K1P1

Tabel 2 menunjukkan perbedaan yang signifikan antara luas permukaan area yang teresorpsi pada K1 ($134,61 \pm 27,86$) dengan P1 ($56,71 \pm 33,66$) dengan nilai $p=0,021$.

Untuk menjawab hipotesis tentang pengaruh kalsium sitrat terhadap jumlah osteoklas dengan luas permukaan area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik pada 7, 21 dan 35 hari, dilakukan uji korelasi dan didapat hasil hubungan yang sangat kuat antara jumlah osteoklas dengan luas permukaan area yang teresorpsi dan bernilai positif ($r=0,933$) dan hubungannya juga sangat signifikan ($p=0,002$) artinya bahwa peningkatan jumlah osteoklas seiring dengan penambahan luas permukaan area yang teresorpsi atau juga sebaliknya semakin kecil jumlah osteoklas maka semakin kecil luas permukaan area yang teresorpsi.

PEMBAHASAN

Lamanya waktu perawatan adalah hal yang selalu menjadi perhatian para ortodontis. Banyak cara yang dilakukan untuk mempercepat pergerakan gigi secara ortodonti salah satunya adalah dengan pemberian prostaglandin dan calcium glukonat.¹²

Hasimoto dkk. melakukan penelitian menggunakan tikus dan menemukan bahwa gigi molar pertama maksila tikus yang digerakkan menggunakan *coil spring* dengan kekuatan 30 gram dengan pemberian *osteocalcin*, terlihat jumlah osteoklas yang lebih banyak di daerah mesial molar pertama. Hal ini menandakan bahwa pemberian *osteocalcin* tersebut memberikan efek pergerakan gigi yang lebih cepat namun dapat menyebabkan resorpsi akar yang dilihat dari jumlah osteoklas dan luas area yang teresorpsi.¹¹

Resorpsi akar merupakan efek samping dalam perawatan ortodonti yang kurang mendapat perhatian. Resorpsi akar terjadi akibat diferensiasi makrofag menjadi odontoklas yang akan meresorpsi semen- tum permukaan akar serta dentin akar. Tingkat keparahan resorpsi akar bervariasi dilihat dari lubang mikroskopis yang dapat menyebabkan kehancuran pada permukaan akar.^{6,12}

Radiograf periapikal bukanlah merupakan alat akurat untuk mendiagnosis resorpsi akar terutama pada tahap awal, karena resorpsi yang hanya terjadi disementum tidak akan terlihat diradiograf periapikal. Gambaran histopatologi digunakan karena efek yang pertama terjadi dari suatu pergerakan gigi secara ortodonti adalah resorpsi pada daerah yang tertekan dan aposisi pada daerah yang tertarik, namun resorpsi yang terjadi pertama kali tidak terdeteksi oleh gambaran radiologi.^{7,10}

Berdasarkan data rerata dan simpangan baku, jum-

lah osteoklas terbanyak terjadi pada K1 ($134,61 \pm 27,86$) dan paling sedikit P2 ($1,75 \pm 0,96$). Sesuai teori Tekanan dan Tarikan pada pembebanan gaya yang ringan, pengurangan aliran darah akan menstimulasi monosit pada ligamen periodontal untuk membentuk osteoklas.⁸ Osteoklas pertama akan terlihat pada daerah yang terkena tekanan 36-72 jam setelah pembebanan. Sel-sel osteoklas ini akan merusak lamina dura dan meresorpsi tulang di daerah tersebut dan pergerakan gigi akan mulai terjadi. Hal ini di dukung oleh pendapat Profitt mengatakan bahwa apabila suatu tekanan yang optimal dikenakan pada gigi maka akan terjadi differensiasi sel pada daerah tekanan dan mulai terjadi resorpsi tidak langsung pada 35 hari, dan pada 7-14 hari terjadi resorpsi sampai pada lamina dura dan mulai terjadi pergerakan gigi.^{2,7,12}

Terjadi penurunan jumlah osteoklas dan luas permukaan area yang teresorpsi pada K2 ($3,125 \pm 1,65$) dan K3 ($2,625 \pm 1,80$). Hal tersebut memperkuat pernyataan Zhao, bahwa osteoklas akan memakan tulang dalam waktu kira-kira tiga minggu dan pada akhir remodeling osteoklas akan menghilang dan akan ditempati oleh osteoblas selanjutnya mulai terjadi pembentukan tulang. Dan jumlah tulang yang dibentuk oleh osteoblas tidak harus sama persis dengan yang diresorpsi.⁶

Berdasarkan uji non parametrik Mann Whitney untuk melihat perbedaan masing-masing kelompok, ditemukan adanya perbedaan yang signifikan antara luas permukaan area yang teresorpsi pada K1 ($134,61 \pm 27,86$) dengan P1 ($56,71 \pm 33,66$) dengan $p=0,021$ ($p<0,05$) Namun pada jumlah osteoklas antara K1 ($4,875 \pm 2,25$) dan P1 ($2,5 \pm 0,91$) berbeda tetapi tidak signifikan $p=0,080$ ($p<0,05$). Hasil penelitian diatas menyatakan bahwa ada pengaruh kalsium sitrat terhadap resorpsi permukaan akar, yang pemberian kalsium memberikan efek resorpsi yang lebih sedikit serta jumlah osteoklas yang lebih stabil antara P1 ($2,5 \pm 0,91$), P2 ($1,75 \pm 0,96$) dan P3 ($2,5 \pm 1,29$) namun tidak menghambat proses pergerakan gigi, karena terdapat jarak yg dihasilkan antara distal M1 dan mesial M2 mandibula. Penelitian yang dilakukan Selfie dkk. mengatakan bahwa level serum kalsium yang rendah juga dapat merangsang resorpsi tulang dan akar karena adanya pengaruh hormon PTH dalam pengaturan resorpsi tulang. Oleh sebab itu tampaknya ada kemungkinan bahwa peningkatan level serum kalsium dapat menghambat sekresi PTH sehingga menghambat resorpsi akar.¹²

Sebagai kesimpulan, ada pengaruh kalsium sitrat terhadap resorpsi permukaan akar. Osteoklas yang lebih banyak dan luas area yang teresorpsi lebih besar pada gigi yang digerakkan kekuatan mekanik

tanpa pemberian kalsium sitrat. Terdapat osteoklas yang lebih sedikit dan sedikit area yang teresorpsi pada gigi yang digerakkan dengan kekuatan mekanik dengan pemberian kalsium sitrat. Ada hubungan yang kuat antara jumlah osteoklas dan luas permukaan area yang teresorpsi ($r=0,933$). dan hubungannya sangat signifikan $p=0,002$ artinya bahwa peningkatan jumlah osteoklas seiring dengan penambahan luas permukaan area yang teresorpsi atau juga sebaliknya, semakin banyak osteoklas semakin luas permukaan area yang teresorpsi, semakin sedikit jumlah osteoklas, semakin kecil area yang teresorpsi.

Daftar Pustaka

- Masella RS, Meister M. Current concept in biology of orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129: 458-68.
- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. 4th ed., St Louis: CV Mosby Co, 2007; 296-304.
- Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129(4): 469.
- Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL. Orthodontic: Current principles and techniques. 5th ed., Philadelphia: CV Mosby Co, 2012; 839-916.
- Yamamoto TT. Orthodontic treatment and mechanical stress. *Clin Calcium* 2008;18(9): 1254-63.
- Weltman B, Vig KW, Fields HW, Shanker S, Kaizar EE. Root resorption associated with orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010; 137(4): 462-76.
- Johnson RB. Osteoclast distribution within the rat interdental septum coincident to experimental tooth movement using light force. *Anat Rec* 2007; 290: 74-82.
- Kawarizadeh A, Bourauel C, Zhang D, Gotz W, Jager A. Correlation of stress and strain profiles and the distribution of osteoclastic cells induced by orthodontic loading in rat. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 140-47.
- Marques LS, Junior PAM, Jorge MLR, Paiva SM. Root resorption in orthodontics: An evidence-based approach. www.intechopen.com (20 Oktober 2014).
- Roberts WE. Bone physiology, metabolism and biomechanics in orthodontic practice. In: Graber TM, Vanarsdall RL, Vig KWL. *Orthodontics: current principles and techniques*. 4th ed., St Louis: Elsevier Co, 2005: 193-200.
- Hasimoto F, Kobayashi Y, Mataka S, Kato Y, Sakai H. Administration of osteocalcin accelerates orthodontic tooth movement induced by a closed coil spring in rats. *Eur J Orthod* 2001; 23(5): 535-45.
- Selfi M, Eslami B, Saffar AS. The effect of prostaglandin E₂ and calcium gluconate on orthodontic tooth movement and root resorption in rats. *Eur J Orthod* 2003; 25: 199-204.
- Peterson KS. Calcium fortified beverage supplementation effect on bone mineral density and body composition in healthy young woman. Thesis. Kansas: Kansas University, 2005: 1-10.
- Krishnan V, Davidovitch Z. The effect of drugs and diet an orthodontic tooth movement. In: *Biological mechanism of tooth movement*. 1st ed., Blackwell Publishing Ltd, 2009: 172-73.