

Perbedaan Defleksi Kawat Ortodonti Nikel-Titanium dan NiTi Epoxy Resin Coated pada Perendaman dalam Saliva Buatan dan Minuman Berkarbonasi (*The Difference in Deflection of Nickel Titanium Archwire and NiTi Epoxy Resin Coated Immersed by Artificial Saliva and Carbonated Drink*)

Citra Ayu Mawaddah, Leliana Sandra Devi A. P, Dwi Prijatmoko
Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember
Jln. Kalimantan 37, Jember 68121
e-mail: deviasikin.fkg@unej.ac.id

Abstract

Background: Deflection of orthodontic wire can be changed by oral condition, for example acidic condition caused by carbonated drink consumption. **Objective:** to analyze the difference in deflection of Nickel-Titanium archwire and NiTi epoxy resin coated immersed by artificial saliva and carbonated drink. **Materials and Methods:** This research used four sample groups: NiTi non coated archwire immersed by saliva, NiTi non coated archwire immersed by saliva mixed carbonated drink, NiTi coated archwire immersed by saliva, and NiTi coated archwire immersed by saliva mixed carbonated drink. The samples were immersed for 3.5 hours at 37° C in incubator. The deflection was measured with Three Point Bending method using Universal Testing Machine. **Result and Conclusion:** One Way Anova test result showed significantly difference between coated and non coated group that immersed by saliva with the group immersed by saliva mixed carbonated drink. In conclusion, the deflection of Nickel-Titanium archwire and NiTi epoxy resin coated archwire had decreased after immersed by carbonated drink and Nikel-Titanium archwire had higher deflection than NiTi epoxy resin coated immersed by artificial saliva

Keywords: Carbonated Drink, Deflection Force, NiTi Archwire, NiTi Epoxy Resin Coated Archwire

Abstrak

Latar Belakang: Defleksi kawat ortodonti dapat mengalami perubahan oleh karena pengaruh kondisi rongga mulut, salah satunya akibat kondisi asam karena mengkonsumsi minuman berkarbonasi. **Tujuan penelitian:** Mengetahui perbedaan defleksi pada kawat Nikel-Titanium dan kawat NiTi epoxy resin coated pada perendaman dalam saliva buatan dan minuman berkarbonasi. **Bahan dan Metode:** Pada penelitian ini terdiri dari 4 kelompok sampel, yaitu kawat NiTi non coated yang direndam dalam saliva, kawat NiTi non coated yang direndam dalam saliva yang dicampur minuman karbonasi, kawat NiTi coated yang direndam dalam saliva, dan kawat NiTi coated yang direndam dalam saliva yang dicampur minuman karbonasi. Perendaman dilakukan selama 3,5 jam pada suhu 37° C dalam inkubator. Pengujian defleksi kawat dengan metode Three Point Bending menggunakan Universal Testing Machine. **Hasil dan Simpulan:** Hasil uji One Way Anova menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok yang direndam saliva dengan kelompok yang direndam saliva yang dicampur dengan minuman berkarbonasi, baik pada kawat coated maupun non coated. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu terjadi penurunan gaya defleksi pada kawat Nikel-Titanium dan kawat NiTi epoxy resin coated setelah direndam dengan minuman berkarbonasi dan kawat Nikel-Titanium memiliki defleksi lebih tinggi daripada NiTi epoxy resin coated pada perendaman dalam saliva

Kata Kunci: Defleksi Kawat, Kawat NiTi, Kawat NiTi Epoxy Resin Coated, Minuman Berkarbonasi

Pendahuluan

Kawat ortodonti (archwire) merupakan komponen aktif dari alat ortodonti cekat yang digunakan untuk menggerakkan gigi. Jenis kawat ortodonti yang sering digunakan adalah *Nickel-Titanium alloy*, terutama pada tahap awal perawatan. Kawat ortodonti Nikel-Titanium lebih banyak digunakan karena efek *shape memory* dan sifat superelastisitas yang dimilikinya [1,2].

Saat ini, terdapat kawat NiTi dengan pemberian bahan tambahan resin epoksi dengan proses *coating* (pelapisan) sebagai pelapis estetik dan pelindung pada bagian luar kawat [3].

Salah satu karakteristik dari kawat ortodonti NiTi adalah kemampuan defleksi yang cukup, terutama pada tahap awal perawatan. Defleksi kawat merupakan kemampuan kawat mentransmisikan gaya yang didistribusikan ke area dentoalveolar sehingga terjadi pergerakan gigi [4].

Di dalam rongga mulut kawat NiTi selalu berkontak langsung dengan saliva. Derajat keasaman saliva dapat berubah sewaktu-waktu. Salah satu yang menyebabkan perubahan pH saliva adalah pengkonsumsian minuman berkarbonasi yang memiliki pH asam [5]. Adanya kawat NiTi dan suasana asam dalam rongga mulut yang terjadi secara terus-menerus dapat menimbulkan banyak dampak yang merugikan bagi penggunaan kawat ortodonti. Pada kawat NiTi yang terendam dalam minuman berkarbonasi akan terjadi pelepasan ion dari logam penyusun kawat. Efek pelepasan ion pada kawat menyebabkan deformasi kawat sehingga dapat merubah karakteristik dari kawat tersebut [6].

Berdasarkan uraian di atas maka penulis ingin meneliti bagaimana perbedaan defleksi kawat Nikel-Titanium dan kawat NiTi *epoxy resin coated* setelah perendaman dalam minuman berkarbonasi.

Metode Penelitian

Penelitian menggunakan jenis penelitian ekperimental laboratoris dengan rancangan penelitian *the post test only control group design*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biomedik Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember dan Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Sipil Institut Sepuluh November Surabaya pada Bulan Desember 2015.

Sampel terdiri dari 12 kawat NiTi *non coated* dan 12 kawat NiTi *coated* berpenampang bulat dengan diameter 0,016 inci. 24 kawat dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu kawat NiTi *non coated* yang direndam dalam saliva, kawat NiTi *non coated* yang direndam dalam saliva yang dicampur minuman berkarbonasi, kawat NiTi *coated* yang direndam dalam saliva, dan kawat NiTi *coated* yang direndam dalam saliva yang dicampur minuman karbonasi.

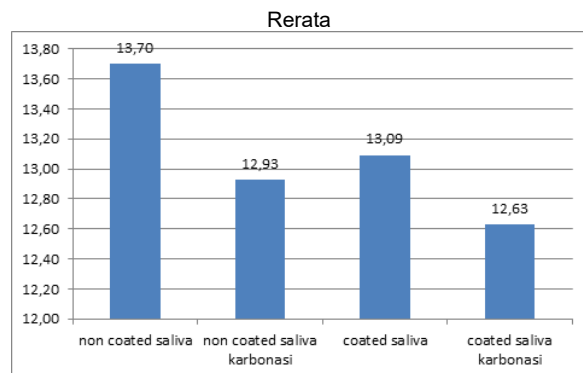
Penelitian diawali dengan mengukur pH larutan, yaitu pH netral pada larutan saliva dan pH asam pada minuman berkarbonasi. Kemudian 6 kawat NiTi *non coated* dan 6 kawat NiTi *coated* direndam pada larutan saliva sebanyak 29 ml dalam petridish tak bersekat dan dimasukkan dalam inkubator 37°C selama 3,5 jam. Selanjutnya 6 kawat NiTi *non coated* dan 6 kawat NiTi *coated* direndam dalam 29 ml larutan saliva yang ditambahkan dengan 29 ml minuman berkarbonasi dan dimasukkan dalam inkubator 37°C selama 3,5 jam.

Waktu perendaman didapatkan dari perhitungan waktu rata-rata satu kali pengkonsumsian minuman berkarbonasi adalah 5 menit. Sedangkan rata-rata penggunaan kawat NiTi dalam rongga mulut adalah selama 6 minggu. Sehingga apabila ingin didapatkan waktu pemakaian setara 6 minggu, maka didapatkan waktu perendaman selama 3,5 jam.

Sampel dipindahkan dalam desikator. Tujuannya untuk mengeringkan sampel, mempertahankan kelembaban, dan menjaga agar sampel bebas air. Kemudian dilakukan pengujian defleksi dengan metode *Three Point Bending* menggunakan *Universal Testing Machine*.

Hasil Penelitian

Hasil defleksi kawat NiTi *non coated* dengan perendaman dalam saliva mendapatkan rerata 13,70 mm, sedangkan perendaman pada saliva dan minuman berkarbonasi memiliki nilai lebih rendah yaitu sebesar 12,93 mm. Kawat NiTi *coated* yang direndam dalam saliva mendapatkan hasil 13,09 mm, sedangkan yang direndam dalam saliva dan minuman berkarbonasi memiliki rerata lebih rendah yaitu sebesar 12,63 mm.



Gambar 1. Histogram rerata hasil defleksi kawat pada setiap kelompok

Data penelitian dilakukan analisis data yang diawali dengan uji normalitas dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* dan uji homogenitas dengan menggunakan uji *Levene*.

Tabel 1. Hasil Uji *Kolmogorov-Smirnov*

| <i>Kolmogorov-Smirnov</i> | Signifikansi |
|-------------------------------|--------------|
| Non coated saliva | 0.23 |
| Non coated saliva + karbonasi | 0.99 |
| Coated saliva | 0.68 |
| Coated saliva + karbonasi | 0.71 |

Data penelitian yang diperoleh dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* didapatkan $p > 0,05$, menunjukkan data terdistribusi normal dan dilakukan uji homogenitasnya menggunakan uji *Levene* menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,070 p > 0,05$ yang berarti data pada penelitian ini homogen. Setelah diketahui data terdistribusi normal dan homogen, maka dilanjutkan dengan uji parametrik menggunakan *One Way Anova*.

Tabel 2. Hasil Uji *One Way Anova*

| Interaksi | df | Signifikansi |
|----------------|----|--------------|
| Antar kelompok | 3 | 0.01 |

Uji statistik selanjutnya adalah uji *Least Significant Difference (LSD)*. Uji ini bertujuan untuk mengetahui kelompok mana saja yang memiliki perbedaan bermakna.

Tabel 3. Hasil Uji *Least Significant Difference*

| Kelompok | non coated saliva (K.1) | non coated saliva karbonasi (P.1) | coated saliva (K.2) | coated saliva karbonasi (P.2) |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| non coated saliva (K.1) | - | 0,002* | 0,011* | - |
| non coated saliva karbonasi (P.1) | 0,002* | - | - | 0,191 |
| coated saliva (K.2) | 0,011* | - | - | 0,046* |
| coated saliva karbonasi (P.2) | - | 0,191 | 0,046* | - |

Keterangan : * = berbeda signifikan $p < 0,05$

Pembahasan

Hasil uji *One Way Anova* menunjukkan terdapat perbedaan rata-rata (*mean*) yang bermakna pada hasil defleksi masing-masing kelompok. Perbedaan jumlah rata-rata hasil defleksi yang signifikan dari masing-masing kelompok dikarenakan adanya bahan yang digunakan berbeda, yaitu kawat dengan bahan dasar Nikel-Titanium (*non coated*) dan kawat Nikel-Titanium dengan pelapis resin epoksi (*coated*).

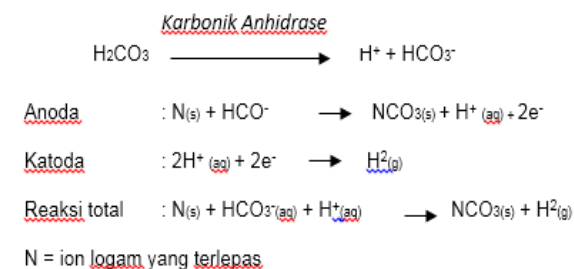
Uji *LSD* dilakukan setelah uji *One Way Anova* untuk mengetahui perbedaan rata-rata hasil pada setiap kelompok. Hasil menunjukkan pada kawat *non coated* yang direndam saliva buatan dengan kawat *coated* yang direndam saliva buatan (K.1 – K.2) berbeda secara signifikan. Kawat *coated* dengan pelapis resin epoksi memiliki defleksi lebih rendah dibanding dengan kawat Nikel-Titanium *non coated*. Elayyan *et al* (2010) menyatakan adanya *coatings* mempengaruhi dari karakteristik mekanis kawat. Ini menunjukkan bahwa dengan adanya bahan tambahan resin epoksi menambah kekakuan kawat sehingga menurunkan defleksi dari kawat tersebut [7].

Pada kawat *non coated* yang direndam saliva buatan yang dicampur minuman berkarbonasi dengan kawat *coated* yang direndam saliva buatan yang dicampur minuman berkarbonasi (P.1 – P.2) tidak berbeda secara signifikan. Pelapis pada kawat *coated* akan menambah kekakuan kawat yang dapat menurunkan defleksi, selain itu, pelapis ini juga berfungsi memberikan sifat tahan terhadap air dan kimia oleh pengaruh pH dari minuman berkarbonasi, sedangkan pada kawat *non coated* yang tidak memiliki lapisan pelindung lebih mudah mengalami pelepasan ion logam oleh karena pengaruh pH minuman berkarbonasi, se-

hingga pada saat setelah dilakukan perendaman dalam minuman berkarbonasi, kawat Nikel-Titanium *coated* mengalami penurunan defleksi lebih sedikit daripada kawat NiTi *non coated* yang tidak memiliki lapisan pelindung [3].

Pada perendaman kawat *non coated* pada saliva buatan dengan perendaman kawat *non coated* pada saliva buatan yang dicampur minuman berkarbonasi (K.1 – P.1) terdapat perbedaan secara signifikan. Kawat Nikel-Titanium yang direndam dalam saliva buatan yang dicampur minuman berkarbonasi dengan pH 2,8 rata-rata memiliki defleksi lebih rendah dibandingkan dengan kelompok yang tidak direndam minuman berkarbonasi (kelompok kontrol). Saliva banyak mengandung senyawa-senyawa organik dan anorganik. Senyawa organik dalam saliva adalah enzim. Enzim ini disebut Enzim Karbonik Anhidrase. Enzim Karbonik Anhidrase (CA) dapat mengkonversi karbon dioksida menjadi bikarbonat dalam reaksi reversible. Sedangkan senyawa anorganik yang terdapat dalam saliva yaitu Natrium, Fosfat, Bikarbonat, Klorida, Potassium, Magnesium dan Kalium. Komponen anorganik pada saliva ini memiliki peran sebagai media elektrolit yang dapat memicu reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia merupakan reaksi yang terjadi pada anoda (mengalami oksidasi) dan katoda (mengalami reduksi), di mana ion logam sebagai anoda dan ion H⁺ dari media elektrolit sebagai katoda [8].

Minuman karbonasi adalah minuman yang memiliki pH asam dan menghasilkan asam karbonat (H₂CO₃). Asam karbonat dan enzim karbonik anhidrase akan merangsang *taste buds* dan mengubahnya menjadi ion bikarbonat (HCO₃⁻) dan proton bebas (H⁺) [9]. Reaksi yang terjadi pada kawat ortodontik Nikel Titanium yang direndam dalam minuman berkarbonasi adalah sebagai berikut:



Keasaman pH dari saliva buatan yang dicampur dengan minuman karbonasi memberikan konsentrasi ion Hidrogen (H⁺) sehingga reaksi reduksi atau reaksi katodik semakin dominan pada perlakuan ini. Ion Hidrogen yang mengalami reaksi katodik (katoda) ini akan berikatan dengan elektron-elektron yang terlepas sebagai akibat dari terjadinya reaksi oksidasi pada daerah anoda dimana semakin asam kondisi lingkungan maka semakin banyak reaksi reduksi yang terjadi yang memicu terjadinya pelepasan ion-ion pada logam [10,11].

Asam karbonat merupakan asam lemah yang berperan sebagai katalisator air (H₂O). H₂CO₃ cenderung setimbang dalam mengubah H₂O menjadi H⁺ dan OH. Pada kelompok yang direndam dalam minuman berkarbonasi terjadi pelepasan ion logam lebih banyak karena adanya peningkatan konsentrasi ion H⁺ sebagai oksidator dari H₂CO₃ yang memperbesar dari pelepasan ion logam [12].

Pada perendaman kawat *coated* pada saliva buatan dengan perendaman kawat *coated* pada saliva buatan yang dicampur minuman berkarbonasi (K.2 – P.2) terdapat perbedaan secara signifikan. Kelompok kawat NiTi *coated* yang direndam saliva yang dicampur minuman karbonasi memiliki defleksi lebih rendah daripada kelompok yang tidak direndam minuman karbonasi. Resin epoksi termasuk dalam golongan polimer termoset. Epoksi terdiri dari atom oksigen yang terikat dengan dua atom karbon. Bentuk paling sederhana dari epoksi adalah struktur cincin dengan tiga anggota yang disebut *alpha epoxy* [13,14].

Pada saat direndam dengan saliva yang dicampur dengan minuman karbonasi, ion H⁺ dari H₂CO₃ bereaksi dengan molekul epoksi. Epoksi bereaksi apabila molekul epoksi mengalami penambahan ion H⁺ (protonisasi) [15]. Adanya peningkatan konsentrasi ion H⁺ dari minuman karbonasi akan bereaksi dengan gugus karbon pada ujung matriks epoksi, sehingga gugus yang berikatan dengan ion H⁺ akan terputus dari polimer [16]. Menurut Hojo dalam Kubuochi (2012), resin epoksi sebagai suatu polimer akan terlarut akibat pengaruh lingkungan yang bersifat asam. Kandungan asam meningkatkan kekasaran permukaan dan memperbanyak celah-celah mikro pada pelapis resin epoksi [17]. Meskipun resin epoksi telah banyak digunakan untuk aplikasi pelapisan berbagai macam bahan, tetapi air, oksigen dan ion dapat

menembus lapisan ketika ada inisiasi korosi dari cairan korosif pada permukaan lapisan [18]. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya biodegradasi logam dan hilangnya stabilisasi ion logam dari kawat Nikel-Titanium [19].

Hilangnya stabilisasi ion logam diawali oleh rusaknya lapisan pasif titanium oksida (TiO_2) pada kawat NiTi sebagai barier pertahanan awal kawat. Setelah larutnya lapisan pasif titanium sebagai pelindung, selanjutnya nikel sebagai unsur yang reaktif dan penyusun utama kawat akan teroksidasi dan terlepas. Ion nikel berperan sebagai bahan yang berguna dalam menambah kekerasan, tahan terhadap panas dan memberikan kelenturan pada kawat. Teroksidasinya nikel merupakan tanda awal terjadinya penurunan kualitas dari suatu material [20].

Pelepasan ion logam yang berlebihan yang terjadi pada jangka waktu yang lama memberikan dampak negatif pada kawat Nikel-Titanium. Efek pelepasan elemen logam menyebabkan deformasi kawat sehingga dapat merubah karakteristik kawat tersebut, seperti meningkatnya kekasaran permukaan logam sehingga memperbesar gaya friksi yang dapat menghambat pergerakan gigi [21]. Adanya pelepasan ion logam yang terlalu banyak juga mengakibatkan perubahan dimensi bentuk kawat dan memperlemah kekuatan kawat ortodonti Nikel-Titanium yang berakibat rapuhnya kawat tersebut [22]. Akibat hilangnya ion logam, kawat ortodonti Nikel-Titanium akan mengalami pengurangan massa atau terdestruksinya permukaan logam kawat sehingga menurunkan karakteristik material kawat. Salah satunya adalah penurunan gaya defleksi pada kawat ortodonti Nikel-Titanium saat pengaplikasian dalam rongga mulut [23].

Defleksi kawat ortodonti sangat penting dalam mekanika pergerakan gigi. Defleksi merupakan kemampuan kawat mentransmisikan gaya yang didistribusikan ke area dentoalveolar sehingga terjadi pergerakan gigi. Berkurangnya gaya defleksi pada kawat memberikan dampak negatif pada perawatan ortodonti. Adanya perubahan gaya defleksi menyebabkan pergerakan gigi tidak konstan sehingga menghasilkan pergerakan gigi yang tidak sesuai atau tidak diharapkan dan perawatan ortodonti akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan biaya perawatan yang semakin tinggi [4].

Simpulan dan Saran

Pada penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa kawat Nikel-Titanium memiliki defleksi lebih tinggi daripada NiTi epoxy resin coated pada perendaman saliva buatan. Kedua, perendaman kawat Nikel-Titanium dan NiTi epoxy resin coated dalam minuman berkarbonasi memiliki defleksi lebih rendah daripada perendaman dalam saliva buatan.

Saran dari penelitian ini yang pertama adalah diperlukan uji defleksi pada kawat sebelum diberikan perlakuan. Kedua, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat dan struktur permukaan secara mikroskopis menggunakan SEM (Scanning Electro Microscope) pada kawat NiTi epoxy resin coated setelah perendaman dalam saliva yang dicampur minuman karbonasi. Ketiga, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut efek minuman karbonasi terhadap defleksi kawat *Stainless steel*, *Cobalt-Chromium*, dan *Beta-Titanium*.

Daftar Pustaka

- [1] Graber, T., Vanarsdall, R.L., Vig, K. *Orthodontic: Current Principle Techniques*. 4th ed. St. Louis: Elsevier Mosby; 2005.
- [2] O'Brien, W.J. *Dental Material and Their Selections*. 3rd ed. Chicago: Quintessence Publishing Company; 2002.
- [3] Sharmin, E., Ahmad, S., Zafar, F. *Renewable Resources in Corrosion Resistance*. Dr Shih (Ed). Croatia : In Tech; 2012.
- [4] Goldberg, A.S., Morton, J., Burstone, C.J. The Flexure Modulus of Elasticity of Orthodontic Wires. *J Dent Res*. 1983; 62: 856-858.
- [5] Huang, H.H., Chiu, Y.H., Lee, T.H., Wu, S.C., Yang, H.W., Su, K.H. *Ion Release from NiTi Orthodontic Wires in Artificial Saliva with Various Acidities*. Taiwan : Institute of Dental Materials, Chung Shan Medical University; 2003.
- [6] Muraviev, S.E., Ospanova, G.B., Shlyakova, M.Y. Estimation Of Force Produced By Nickel-Titanium Superelastic Archwires At Large Deflections. *American Journal Orthodontics Dentofacial Orthopedics*; 2001; 119 (6): 604-609
- [7] Elayyan F, Silikas N, Bearn D. Mechanical Properties of Coated Superelastic Archwires in Conventional and Self-Ligating Orthodontic Brackets. *American Journal of Orthod Dentofacial Orthop*; 2010; 137 (2): 213-217

- [8] Humphrey, S.P., Williamson, R.T. A review of saliva: normal composition, flow, and function. *J Prosthet Dent*; 2001; 85 (2): 162-169
- [9] Tratnyek, P., Timothy, G., Stefan, H. *Aquatic Redox Chemistry*. ACS Symposium Series. US : Oxford University Press; 2012.
- [10] Johnsen, R. "Corrosion of Carbon Steel in Hydrocarbon Environments". Norway. NTNU Institute of Engineering Design and Material; 2004.
- [11] Nazari, Honarvar. Allahkaram, S.R. Kermani, M.B. The effects of temperature and pH on the characteristics of corrosion product in CO₂ corrosion of grade X70 Steel. Iran : University of Tehran; 2010.
- [12] Champbell, M. K., Farrell, S. O. *Biochemistry*. Canada : Cengage Learning; 2010.
- [13] Prasajo, W.A., Syukur, A., Yuningtyasti. Analisis Partial Discharge pada Material Polimer Resin Epoksi dengan Menggunakan Elektroda Jarum Bidang. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro; 2009.
- [14] Phillips, R.W. *Science of Dental Materials*. 9th ed. Philadelphia : WB Saunders Company; 1991.
- [15] Suwanto, B. Pengaruh Temperatur Post-Curing terhadap Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Resin yang Diperkuat Woven Serat Pisang. *E-Jurnal Wahana*. Politeknik Negeri Semarang. 2012.
- [16] Darvel, B.W. *Materials Science for Dentistry*. 4th ed. Hong Kong: The University of Hong Kong Press; 1997; 43-56.
- [17] Mazzitelli, C., Ferrari, M., Toledano, M. Surface Roughness Analysis of Fiber Post Conditioning Processes. *J Dent Res*; 2008; 87 (2): 186-190
- [18] Piscitelli, F. Epoxi-Based organic-Inorganic Hybrid Material by Sol-Gel Method: Chemical Tailoring and Multiscale Characterization. Dipartimento di Ingegneria dei Materiali e della Produzione, Facolta Di Ingegneria, Universita Degli Studi Di Napoli; 2010.
- [19] Tahmassebi, J.F., Duggal, M.S., Malik-Kotru, G., Curzon, M.E. Softdrinks and Dental Health : A Review of Current Literature. *J-Dent*; 2006; 34 (1): 2-11
- [20] Devilliers, D., Dinh, M.T., Mahe, E., Krulic, D., Larabi, N., Fatouros, N. Behavior of Titanium in Sulphuric Acid – Application to DSAs -. *J. New. Mat. Electrochem System*; 2006; 9: 221-232
- [21] Bednar, J.R., Gruendeman, G.W., Sandrik, J.L., A Comparative Study of Frictional Forces Between Orthodontic Brackets and Archwires. *American Journal Dentofacial Orthod*; 1991; 100: 513-522
- [22] Eliades, T., Athanasiou, A.E. In Vivo Aging of Orthodontic Alloys: Implications for Corrosion Potential, Nickel Release, and Biocompatibility. *Angle Orthodontics*; 2002; 72(3): 222-237
- [23] Matasa, C.G. The Orthod from Now On, It's Just Up to You to Fight Your Patient's Nickel Allergies. *The Orthodontic Material Insider*; 2000; 13 (3):1-7