

بررسی تأثیر فریم ورک Straight با Curve دار بر توزیع تنش بریج‌های تمام سرامیک به روش Finite Element

دکتر سارا عاقل^۳دکتر شهناز ناصر مستوفی^۲دکتر محمود عاقل^۱

خلاصه:

سابقه و هدف: با توجه به اهمیت طراحی فریم ورک در توزیع تنش و احتمال ایجاد ترک‌های اولیه در ناحیه کانکتورها، و بمنظور مقایسه تأثیر دو طرح فریم ورک Straight و Curve دار، این تحقیق به روش Finite Element انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: تحقیق به روش تجربی انجام گرفت. مدل آزمایشگاهی، ساخته شده و توسط لابراتوار به صورت دیجیتالی توسط دستگاه CMM، اسکن شده و ابر نقطه از ژئومتری قطعه ایجاد گردید. ابرنقطه توسط نرم افزار Catia تبدیل به مدل سه بعدی Solid شد، مدل فوق توسط نرم افزار Abaqus جهت آنالیز اجزاء محدود به روش Meshing به تعداد بسیار زیاد المان کوچک تقسیم گردید. پس از آن با تعریف Boundary Condition، قطعه آماده تحلیل گردید. بررسی توزیع تنش در بریج و خصوصاً با تأکید در ناحیه کانکتورها انجام گرفت. خواص مکانیکی قطعه زیرکونیوم به صورت جدولی به نرم افزار وارد شد. سه مدل بارگذاری عمودی برای هر قطعه در نواحی سنترال و دیستال فوسا اعمال شد و جداگانه تحلیل گردید.

یافته‌ها: تنش در ناحیه کانکتورها در مدل Curve دار بیشتر از مدل Straight بود. در نتیجه توزیع تنش در ناحیه کانکتورها در مدل Straight مطلوبتر بود. **نتیجه گیری:** به نظر می‌رسد که مدل Straight توزیع تنش مطلوبتری را نسبت به مدل Curve دار نشان داد، که البته باید توجه داشت این نتایج در محیط F.E بدست آمد.

کلید واژه‌ها: توزیع تنش، بریج سرامیکی، فریم ورک Straight و Curve دار، آنالیز اجزاء محدود سه بعدی

وصول مقاله: ۸۸/۹/۸ اصلاح نهایی: ۸۸/۱۱/۱۳ پذیرش مقاله: ۸۸/۱۲/۲۲

مقدمه :

در بریج‌های خلفی بکار برده شوند^(۳). عملکرد فیکس پارسیل دنچر انتقال نیروهای اکلوزال بر اباتمنت می‌باشد که خود باعث وارد آمدن استرس به کانکتورها می‌باشد که نتیجتاً شکست را به همراه می‌آورد. کاهش عمق امبراژورها و نتیجتاً افزایش سطح مقطع کانکتورها مقاومت زیادی را ایجاد می‌کند^(۴). در مطالعات انجام شده ماده زیرکونیوم به دلیل استحکام مکانیکی بالا از ضریب اطمینان بیشتری برخوردار است و ممکن است برای فریم‌های فیکس پارسیل دنچر خلفی مناسب باشد. کارخانجات سازنده طرحی با اتصال دهنده محکم (محکم تر از اتصال دهنده فلزی) را پیشنهاد می‌کند که البته این امر مستلزم بزرگ بودن ابعاد اتصال دهنده و نتیجتاً عدم Curve کانکتورها و دسترسی ناکافی برای تمیز کردن و زیبایی می‌باشد^(۵). همچنین مطالعات دیگر نشان داد که فریم ورک با کانکتورهای curve دار، امکان کنترل

یکی از مشکلات در پروتز ثابت، چگونگی توزیع تنش در ناحیه کانکتورها در بریج‌های تمام سرامیک می‌باشد. با توجه به اهمیت طراحی فریم ورک در توزیع تنش و احتمال ایجاد ترک‌های اولیه در ناحیه کانکتورها طراحی مناسب فریم ورک به عنوان نیاز محسوب می‌شود. شکست فریم ورک‌های نامطلوب، سبب شکست در بریج می‌شود^(۱)، و قابل ترمیم نمی‌باشد نتیجتاً، شکست کل درمان و هزینه‌های سنگین را موجب می‌شود. انحناى امبراژور و انحناى اکلوزال بر الگوهای پخش استرس در ناحیه کانکتورهای بریج سه واحدی اثر دارد^(۲).

استحکام زیرکونیوم تا ۸۰۰ مگاپاسکال گزارش شده که دارای بالاترین استحکام در میان رستوریشن‌های تمام سرامیک می‌باشد. ولی ترانسلسونسی آن کمتر از In-Ceram بوده لذا فقط می‌تواند

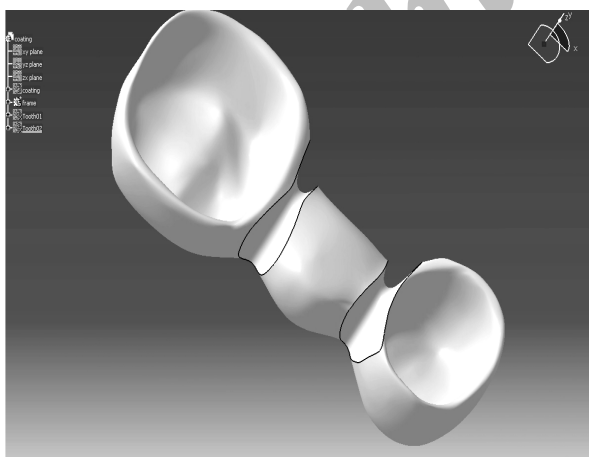
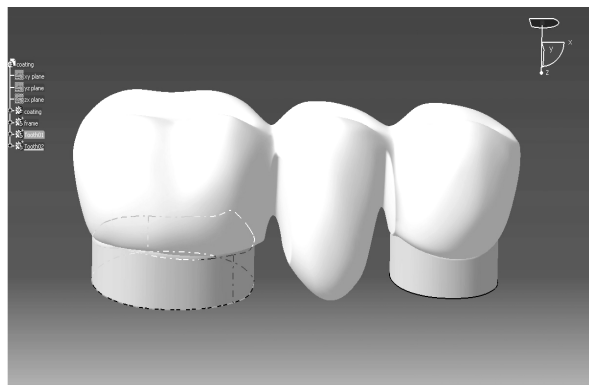
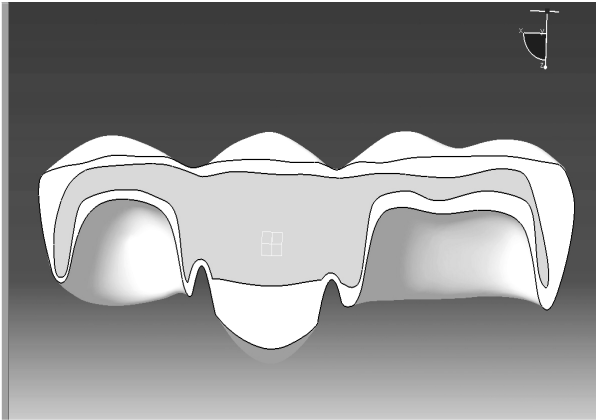
۱- عضو هیئت علمی گروه آموزشی پروتز ثابت دانشگاه آزاد اسلامی - واحد دندانپزشکی

۲- استادیار گروه آموزشی پروتز ثابت دانشگاه آزاد اسلامی - واحد دندانپزشکی

۳- دندانپزشک

روشهای بارگذاری:

- ۱- دو نیروی ۵۰ نیوتن بر دیستال و سنترال فوسا
- ۲- یک نیروی ۱۰۰ نیوتن بر دیستال فوسا
- ۳- یک نیروی ۱۰۰ نیوتن بر سنترال فوسا



مدل سه بعدی فریم ورک Straight

پلاک، راحت تر است، اما درصد موفقیت فریم ورک با کانکتور Straight در مقایسه با Curve دار بیشتر است. اما در مطالعات دیگری نشان داده شد که شعاع انحنای کوچکتر، فقط ۲۰-۴۰٪ استرس بیشتری را نشان می‌دهد. در ناحیه کانکتورها الگوی فریم ورک Curve دار فقط استرس بیشتری را در ناحیه کانکتور دیستال نسبت به مدل Straight ایجاد می‌کند^(۲). در مطالعات دیگر، برای جلوگیری از به خطر افتادن سلامتی پیرونتال، پیشنهاد شده است که کانکتور در ناحیه جینجیوالی نباید Straight باشد، زیرا کنترل پلاک مناسب در الویت کار قرار دارد^(۴). با توجه به تناقضات فوق و بمنظور مقایسه فرم ورک های straight با curve دار بر توزیع تنش بریج های تمام سرامیک زیرکونیوم بروش finite element، این تحقیق انجام گرفت.

مواد و روشها:

این تحقیق با طراحی تجربی و به روش F.E.M انجام گرفت. بریج تمام سرامیک ۷-۵ مندیبل از جنس زیرکونیوم بود که ابعاد آن به صورت زیر طرح ریزی شد^(۲):

پره مولر: عمق تراش شولدر، ۱mm - تراش سطح اکلوزال، ۱/۵mm.
مولر: عمق تراش شولدر، ۱mm - تراش سطح اکلوزال، ۱/۵ mm.
فاصله از هم: ۰.۷mm.

بریج تمام سرامیک زیرکونیوم در دو طرح فریم ورک Straight و Curve دار توسط لابراتور براساس ابعاد بالا ساخته شد. مدل آزمایشگاهی توسط دستگاه C.M.M به صورت دیجیتالی ابرنقطه از ژئومتری قطعه ایجاد گردید. (قطعه به صورت دیجیتالی، اسکن شده و سپس ابعاد سطوح خارجی قطعه توسط نقاط مشخص ایجاد گردید).

ابرنقطه ایجاد شده به صورت فایل به نرم افزار Catia وارد شد و سپس بدنه فریم ورک به صورت سه بعدی ایجاد شده و به دنبال آن مدل سه بعدی Solid ایجاد گردید.

مدل Solid ایجاد شده به نرم افزار Abaqus وارد شده، سپس جهت آنالیز اجزاء محدود Finite Element توسط روش Meshing، قطعه به تعداد بسیار زیاد المان کوچک تقسیم گردید و بعد از آن با تعریف Boundary Condition، آماده تحلیل گردید. (جدول ۱)

خواص مکانیکی قطعه زیرکونیوم به صورت جدول زیر از متون علمی^(۱۳ تا ۱۶) استخراج و در نرم افزار اجزاء محدود وارد شد.

۵- باتوجه به صورت مسئله طرح شده سه مدل بارگذاری برای بریج سرامیکی زیرکونیوم با دو طرح فریم ورک Straight و Curve دار اعمال شده و جداگانه تحلیل گردید.

جدول ۲: خواص مکانیکی قطعه زیرکونیوم

Poisson's ratio	Elastic modulus(Gpa)	خصوصیات ایزوتروپیک مواد
۰/۲۲	۲۰۵	سرامیک (زیرکونیوم)

جدول ۳: منابع خروجی از نرم افزار اجزاء محدود برای بارگذاری های مختلف در دو طرح **Straight** و **Curve** دار در طول بریج

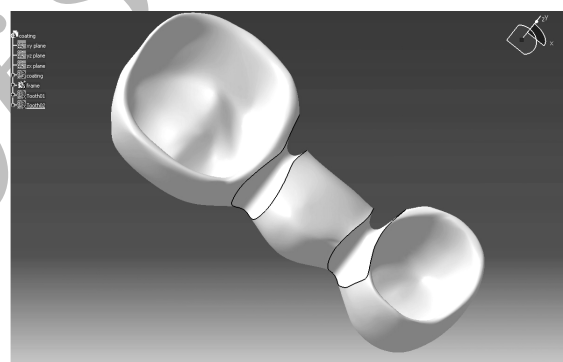
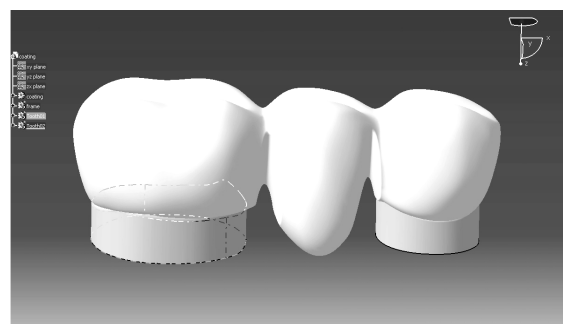
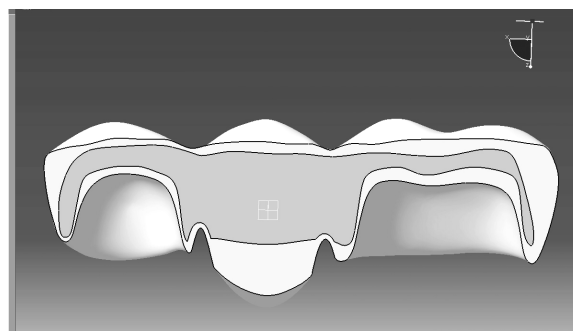
Model	Force Applied	Max Von Mises stress (MPa) on bridge
Straight joint	-Distal Fossa(100N)	Bridge:28.582 Core:26.664
	-Central Fossa(100N)	Bridge:28.052 Core:28.067
	-Distal & Central Fossa(2×50N)	Bridge:28.315 Core:27.543
Curved joint	-Distal Fossa(100N)	Bridge:28.549 Core:27.044
	-Central Fossa(100N)	Bridge:28.058 Core:27.897
	-Distal & Central Fossa(2×50N)	Bridge:28.274 Core:27.531

جدول ۴: منابع خروجی از نرم افزار اجزاء محدود برای بارگذاری های مختلف در دو طرح **Straight** و **Curve** دار در ناحیه کانکتورها:

	Straight		Curved-joint	
	Frame	Feldspot	Frame	Feldspot
50N-Distal Fossa	6.492	4.5	9.180	6.841
50N-Central Fossa	6.1	5.08	12.285	10.038
100N-Distal and Central Fossa	10.201	9.33	18.448	14.018

یافته ها:

در این تحقیق بعد از مدل سازی نمونه و آنالیز توسط نرم افزار Abaqus یافته ها به صورت Von mises stress در مقیاس Mpa بیان شد. تنش Von mises اساساً ترکیبی است که براساس تناسب میان تنش های محوری (کشش و فشار) و نیز تنش های برشی ایجاد شده است و مشاهده گردید که در آنالیز اجزاء محدود، تنش در ناحیه کانکتورهای مدل curve دار بیشتر از مدل straight بود و یا ماکزیمم تنش در مدل curve بالاتر بود.



مدل سه بعدی فریم ورک **Curve** دار

در روش Finite element، با توجه به امکانات بسیار زیاد نرم افزار Abaqus خروجی در قالب ارائه تنش ها و کرنش ها و displacementها قابل ارائه می باشد که با توجه به هدف ما از طرح پروژه فوق تنها خروجی های تنش Von mises استخراج گردید.

جدول ۱: مشخصات المان های استفاده شده در مدل اجزاء محدود بریج

تعداد المان	تعداد نود	مدل	
۵۳۵۹۹۹	۱۲۲۷۱۵	بریج	Straight
۱۷۲۵۰۴	۳۹۲۵۴	کور	
۵۶۷۴۲	۱۴۰۰۴	دندان مولر	
۵۹۱۴۰	۱۴۳۹۲	دندان پره مولر	
۵۱۱۰۰۰	۱۳۱۱۷۸	بریج	Curved
۱۸۷۰۳۸	۴۲۸۷۱	کور	
۷۶۷۷۱	۱۹۰۵۶	دندان مولر	
۵۳۱۵۰	۱۲۹۷۴	دندان پره مولر	

بحث:

اما نتایج تحقیق فوق با نتایج تحقیق آقای Molin MK و همکارانش مغایر بود. آنها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که بریج با مدل کانکتور Curve دار توزیع تنش مطلوب تری نسبت به مدل Straight داشت. بنظر می‌رسد انحنای اکلوزال و شعاع انحنا در ناحیه امبرازور برالگوی پخش استرس در ناحیه کانکتور بریج سه واحدی اثر دارد. ترک‌های اولیه در ناحیه کانکتور مهمترین قسمت تجمع استرس‌ها می‌باشد. همچنین Level‌های استرس در قسمتهای مختلف بریج متفاوت است و شکست ممکن است در هر دو کانکتور و در کراون‌ها دیده شود^(۱۲) در این مطالعه نیز حداکثر استرس‌ها در ناحیه کانکتورها بود.

تفاوت در نتایج می‌تواند بعلت این باشد که این محققین نیروها را به صورت منفرد و جداگانه مورد بررسی قرار دادند که هر یک از این دو طرح فریم ورک نسبت به یک نیرو جواب بهتری دارند. اما در مطالعه ی استرس تجمعی Von mises در هر دو مدل مورد بررسی قرار گرفت که برآیندی از نیروها را شامل می‌شد و یک نتیجه قطعی و منطقی تری را بیان می‌کرد. از سویی دیگر ما نیروی ۱۰۰ نیوتن را در سه حالت مختلف بر بریج‌ها آنالیز کردیم که در هر سه مورد نتایجی مشابه عایدمان شد که بنظر قاطعانه‌تر می‌آید. در اینجا ذکر این نکته ضروری بنظر می‌رسد که مقاومت به شکست و سطوح عددی استرس تولید شده هدف مطالعه ما نبود بلکه توزیع ولوکالیزاسیون آنها مد نظر بود، بنابراین Load‌های بالاتر و پایین تر تنها بزرگی استرس‌ها را در الگوهای توزیع تغییر می‌دادند. تنها نکته قابل تأمل این بود که نیروی وارده نباید از حداکثر نیروی بایت که Tortopidis^(۱۴) آنرا N ۵۸۰ و سایر محققین^(۱۵) آنرا ۴۴۱-۵۲۲ بیان کردند، بیشتر باشد. روش‌های مورد استفاده در این مطالعه بر پایه چندین مطالعه قبلی قرار دارند که ارتباط نزدیک این یافته‌ها را با واقعیت گواهی می‌دهند^(۱۶ تا ۱۸). با وجود تفاوت‌هایی که بین واقعیت و محیط F.E.M وجود دارد بدلیل اینکه مدلینگ عددی قادر به نمایش بخش‌هایی از توزیع استرس است که شاید در غیراینصورت قابل ردیابی نباشند، این روش علی‌رغم همه مسائل، بکار گرفته می‌شود. از سویی دیگر مدل سازی و مش بندی نمونه‌ها در این مطالعه در نهایت دقت انجام گرفته و تعداد المان و نود که در مطالعاتی از این دست نمایانگر دقت محاسبات است نسبت به تمامی مطالعات پیشین بیشتر و دقیق تر است. در نهایت باید اشاره کرد که از لحاظ Invivo و Invitro بهتر است مطالعاتی در زمینه Fatigue و Fracture toughness نیز انجام شود.

تحقیق نشان داد که توزیع تنش در فرم ورک Curve بیشتر از straight می‌باشد. استفاده از بریج‌های تمام سرامیک با توجه به روند روبه رشد تقاضا در جهت زیبایی، روبه افزایش است. در مطالعه ای به فاکتورهای شکست در ناحیه Connector‌ها و آنالیزهای invitro مربوط به بریج‌های سه واحدی اشاره شده است و ترک‌های اولیه در ناحیه کانکتور، مهمترین قسمت ساختمان بریج از نظر توزیع تنش می‌باشند^(۲).

البته در هر دو نوع سیستم حداکثر تنش در ناحیه کانکتورها مشاهده شد. با اشاره به اینکه استحکام زیرکونیوم ۸۰۰ مگاپاسکال می‌باشد و با توجه به مطالعه فوق، آنالیزهای بدست آمده از بارگذاری‌های مختلف در دو طرح Straight و Curve دار در ناحیه کانکتور و در طول بریج زیر حد بحرانی ماده مورد نظر بوده که موجب شکست بریج در ناحیه کانکتور و در نتیجه Failure بریج سرامیکی نمی‌گردد. با آگاهی از این موضوع که مدل Straight توزیع تنش مطلوبتری در ناحیه کانکتورها داراست اما جهت کنترل پلاک آسانتر، مدل Curve دار مناسبتر است. اما به دلیل اینکه در طرح Curve دار طول اکلوزو جینجیوالی پانتیک کاهش می‌یابد و توزیع تنش نامناسب است، فریم ورک Straight ارجح تر است.

آقای H.Fischer و همکاران نیز نتایجی مشابه با مطالعه حاضر ارائه دادند. به این ترتیب که طول عمر بریج‌های تمام سرامیک با پیشرفت در طراحی‌های کانکتور به طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین باتوجه به رفتار مکانیکی سرامیک بصورت Long term هرچه ترک‌های میکروسکوپی بیشتر رشد کند مقاومت ماده سرامیکی کمتر می‌شود و تحمل بریج سرامیکی کم می‌شود. ناحیه کانکتور بین اباتمنت و پونتیک تأثیر بسیاری در احتمال long term failure در بریج‌های سرامیکی دارد^(۱).

همچنین آقای Malone و همکارانش در تحقیق دیگری نتایجی مشابه با مطالعه فوق ارائه دادند. در مطالعه آنها درصد موفقیت فریم ورک با کانکتور Straight در مقایسه با Curve دار بیشتر است. آنها پیشنهاد کردند با بزرگتر شدن ابعاد کانکتور و نتیجتاً عدم Curve کانکتورها مقاومت کانکتورهای بریج سرامیکی بیشتر می‌شود^(۵).

هم چنین آقای Stephen F. Rosenstiel در تحقیقی نتیجه ای مشابه با مطالعه حاضر ارائه دادند. در مطالعه آنها کاهش عمق و تیزی امبرازورها و نتیجتاً افزایش سطح مقطع کانکتورها مقاومت زیادی را ایجاد می‌کند. به طور کلی این محققین اعتقاد داشتند فریم ورک با طرح Straight موفقیت بیشتری دارد^(۴).

References:

1. H.Fischer , M weber , R Marx. Life time prediction of all ceramic bridges by computational methods. J dent.Res. 2003,82(3):238-242.
2. Molin MK,Onesti Mp, Peterson TB, Derand TB. Three-dimensional F.E Analysis of all-ceramic posterior fixed partial dentures with different designs. Journal of Prosthodontics. 2007; 20(1): 89-91.
3. Russell A. Giordano. Dental ceramic restorative systems, compendium, Agust 1996, Vol.17,779-786.
4. Stephen F.Rosenstiel, Martin F.Land, Junhei fujimoto. Contemporary fixed Prosthodontics 4th edition , 2006, chap 18-28: 596-599.
5. Malone, WFP. Koth DL.Tylman's Theory and practice Ishiyaku Euro America Inc, 8th ed., 1997, 195-213.
6. Spiridon oumverts , Matthiaus kern, Franco ferroresso, jorg Rudolf stub. Influence of Design and mode of loading on the fracture strenght of all-ceramic resin-bonded fixed partial dentures: An invitro study in a dual-axis chewing stimulator the journal of Prosthetic Dentistry. 2000, 83:540-7.
7. Robert Georg Craig, John Powers. Restorative Dental Materials, 11th ed.2002: 60.
8. Malone, WFP. Koth DL.Tylman's Theory and practice Ishiyaku Euro America Inc, 8th ed., 1989; 435-43.
9. Paul H. Dehoff, Kenneth J. Anusavice , Nils Gotzen. Viscoelastic finite element analysis of an all ceramic fixed partial dentures. Journal of biomechanics. Vol 39, Issue 1,2006, 40-48.
10. S.A.Romeed, S.L. Fok, N.H.F wilson. Finite element analysis of fixed partial dentures replacement. Journal of oral Rehabilitation.2004 ; 31(12),1208-1217.
11. Ausiello P,Rengo S, Davidson CI, Watts DC. Stess distributions in adhesively cemented ceramic and resin composite class II inlay restorations : a 3D-FEA study. Dent Mater.2004;862-872 .
12. Fischer H, Max R.Mechanical properties of Empress 2(in German). Acta Med Dent Helv 1999;4: 141-5.
13. Craige RG, Powers JM. Restorative dental materials. 11th ed. St. Louis:CN mosby;2002.p.79.
14. D.Tortopidis, M.F. Lyons, R.H Baxendale and W.H. Gilmour. The variability of bite force measurement between sessions, indifferent position within the dental arch. J oral Rehabil. 25 (1998)(9), pp.681-686.
15. M.Bakke, L.Michler and E.Moller, Occlusal control of mandibular elevators muscles, scand J. Dent. Res. 100(1992)(5), PP.284-291.

16. Morin DL, Douglas WH, Cross M, DeLong R. Biophysical stress analysis of restored teeth: Experimental strain measurement Dent. Mater 1988;4:41-48.
17. Morin DL, Cross M, Voller VR, Douglas WH, DeLong R. Biophysical stress analysis restored teeth: Modeling and analysis Dent. Mater. 1988;4:77-84.
18. Magne P, Douglas WH. Porcelain veneers: Dentin bonding optimization and bio mimetic recovery of the crown. Int. J prosthodont 1999;12:111-121.

Archive of SID