

بررسی خصوصیات کششی چند نوع لیگاتور الاستومری مورد استفاده در ایران

دکتر طاهره جلالی*، دکتر سید مجتبی زبرد**، دکتر فرزانه احراری***

* دانشیار گروه ارتودانتیکس دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

** دانشیار گروه متالورژی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

*** استادیار گروه ارتودانتیکس دانشکده دندانپزشکی و مرکز تحقیقات دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تاریخ ارائه مقاله: ۸۵/۱۲/۱۳ - تاریخ پذیرش: ۸۶/۶/۱

Title: Evaluation of Tensile Properties of Several Brands of Elastomeric Ligatures Used in Iran

Authors: Jalali T*, Zebarjad M**, Ahrari F***#

* Associate Professor, Dept of Orthodontics, School of Dentistry and Dental Research Center of Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

** Associate Professor, Dept of Metallurgy, School of Engineering, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

*** Assistant Professor, Dept of Orthodontics, School of Dentistry and Dental Research Center of Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Introduction: Elastomeric ligatures are used to secure archwires into orthodontic brackets. Unless the ligatures show adequate tensile properties, they may tear while inserting in the brackets or between patient's appointments. The latter may cause unwanted tooth movement and prolong orthodontic treatment. In this study the comparison of tensile properties (tensile strength, extension to tensile strength, and toughness) of seven commercially available molded clear elastomeric ligatures was performed.

Materials & Methods: In this experimental laboratory-based study, elastomeric ligatures were obtained from American Orthodontics, Ortho Technology, GAC, Techno Tak, All Star, Dentaurum and ITO companies and their tensile properties were measured using Zwick testing machine with 5mm/min cross head speed in the as-received condition and after 28 days immersion in a simulated oral environment. The data was analysed by SPSS software.

Results: All of the ligatures tested showed a significant decrease in tensile strength, extension to tensile strength and toughness excluding ITO's toughness after 28 days ($P < 0.001$). Different brands of elastomeric ligatures showed significant differences in tensile properties both in the as-received condition and after 28 days immersion in the simulated oral environment ($P < 0.001$). Under the study conditions, ligatures from American Orthodontics and Techno Tak companies showed superior tensile properties and ligatures from Ortho Technology company exhibited weaker tensile features compared to other groups.

Conclusions: There were significant differences in tensile properties of different brands of elastomeric ligatures in both the as-received condition and after 28 days immersion in the simulated oral environment. There was a significant reduction in strength properties of all types of elastomeric ligatures after 28 days immersion in a simulated oral environment. Thus, it is recommended that all ligatures should be replaced at each visit to reduce risk of tearing.

Key words: Elastomeric ligatures, Tensile properties, Tensile strength, Extension to tensile strength, Toughness.

Corresponding Author: AhrariF@mums.ac.ir

Journal of Mashhad Dental School 2008; 31(4): 269-78.

چکیده

مقدمه: لیگاتورهای الاستومری برای بستن آرچ وایر در داخل براکت های ارتدسنسی استفاده می شوند. چنانچه این لیگاتورها از خصوصیات کششی مطلوبی برخوردار نباشند، ممکن است در حین قرار گرفتن روی براکت و یا در فواصل ملاقات بیمار پاره شوند که مورد اخیر می تواند سبب حرکات دندانی نامطلوب و طولانی شدن زمان درمان ارتدسنسی شود. هدف از این مطالعه مقایسه خصوصیات استحکامی (استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی) لیگاتورهای الاستومری شفاف تزریقی هفت شرکت مختلف بود.

مواد و روش ها: در این مطالعه تجربی - آزمایشگاهی لیگاتورهای الاستومری شفاف هفت شرکت American Orthodontics، Ortho Technology، GAC، Techno Tak، All Star، Dentaurum و ITO انتخاب شدند و خصوصیات کششی آنها با استفاده از دستگاه Zwick و با سرعت کراس هد پنج میلیمتر در دقیقه در حالت اولیه و پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده اندازه گیری شد. داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته ها: استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی همه لیگاتورهای آزمایش شده (به استثنای چقرمگی لیگاتورهای ITO) پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده به صورت معنی داری کاهش یافت ($P < 0.001$). لیگاتورهای الاستومری شرکت های مختلف در کلیه

خصوصیات کششی مورد بررسی هم در حالت اولیه و هم بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده تفاوت‌های معنی داری با یکدیگر داشتند ($P < 0.001$). تحت شرایط این مطالعه لیگاجوره‌های American Orthodontics و Techno Tak عموماً خصوصیات استحکامی برتر و لیگاجوره‌های Ortho Technology خصوصیات استحکامی ضعیف تری نسبت به گروه‌های دیگر نشان دادند.

نتیجه گیری: تفاوت‌های معنی داری در خصوصیات استحکامی انواع مختلف تجاری لیگاجوره‌های الاستومری مورد بررسی هم در حالت اولیه و هم بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده وجود داشت. کاهش خصوصیات استحکامی لیگاجوره‌های الاستومری پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده نشان می‌دهد که بهتر است این لیگاجورها در هر جلسه ملاقات بیمار و به منظور کاهش خطر پارگی تعویض شوند.

واژه‌های کلیدی: لیگاجوره‌های الاستومری، خصوصیات کششی، استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی، چقرمگی.

مجله دانشکده دندانپزشکی مشهد / سال ۱۳۸۶ جلد ۳۱ / شماره ۴: ۷۸-۲۶۹.

مقدمه

مواد الاستومری مصنوعی (شامل لیگاجوره‌های الاستومری) از دهه ۱۹۶۰ به حرفه ارتودنسی وارد شدند.^(۱،۲) این مواد از جنس پلی اورتان بوده و ترکیب دقیق آنها اطلاعات اختصاصی می‌باشد.^(۳،۴) لیگاجوره‌های الاستومری به دو روش ساخته می‌شوند: قالب ریزی تزریقی (Injection molding) و برشی (Die cut stamping/Die punching). در روش اول، لیگاجورها به وسیله تزریق مواد الاستومری مایع شده به داخل یک قالب و سخت شدن آن تشکیل می‌شوند، در حالی که لیگاجوره‌های برشی از لوله‌های الاستومری که قبلاً پردازش شده‌اند، بریده می‌شوند.^(۵) مزایای لیگاجوره‌های الاستومری این است که آنها می‌توانند به سرعت به کار برده شوند، برای بیمار راحت هستند و در تنوعی از رنگها موجود می‌باشند.^(۵) معایب آنها این است که دندانها و بافتهای نرم ممکن است به صورت نامطلوبی به وسیله تجمع میکروبی بر روی سطوح دندانهای مجاور براکت‌های بسته شده با لیگاجوره‌های الاستومری تحت تأثیر قرار بگیرند^(۶)، آرچ وایرها ممکن است به طور کامل در طی تصحیح تورک یا چرخش نشاندن نشوند و اتصال (Binding) ممکن است در مکانیکهای لغزشی اتفاق بیفتد.^(۷)

مطالعات اندکی وجود دارد که خصوصیات استحکامی لیگاجوره‌های الاستومری را بررسی کرده باشد.^(۸) Wong در سال ۱۹۷۶ استحکام پارگی Ormco Power Chain و Unitek Alastik chain را در طی یک دوره سه هفته‌ای بررسی کرد. نتایج این بررسی نشان داد که Unitek chain در همه فواصل زمانی در مقادیر نیروی اندکی بالاتر از

Ormco Power Chain پاره شد. با وجود این Ormco Power Chain در میزان کشیدگی بیشتری که تقریباً ۱۰۰٪ بیشتر از Unitek chain بود، دچار پارگی شد.^(۳) در سال ۱۹۷۹، Young و Sandrik شکست کششی (Tensile failure) را در Alastik chain های CK و C2 بررسی کردند و دریافتند که استحکام پاره شدن در هر دو گروه مشابه بود.^(۴)

Dowling و همکاران در سال ۱۹۹۸ استحکام کششی و مقاومت اصطکاکی ۵ نوع لیگاجور الاستومری جدید و استفاده شده را به صورت آزمایشگاهی بررسی کردند. در این مطالعه، مدولهای خاکستری چهارگوش که به روش Die punching تولید شده بودند، ۸۰-۵۰ درصد قویتر از گروههای دیگر آزمایش شده بودند و مدولهای شفاف کمترین نیروی شکست را داشتند. پس از ۴ هفته فرو بری در محیط بزاق مصنوعی همه گروهها کاهشی در نیروی بار شکست نشان دادند که تقریباً ۱۰ تا ۲۰ درصد بود، به استثنای مدولهای چهارگوش که ۳۵ درصد کاهش داشتند. محققان پیشنهاد کردند که همه لیگاجوره‌های الاستومری در هر جلسه ملاقات بیمار به منظور کاهش خطر پارگی تعویض شوند.^(۹)

Lam و همکاران در سال ۲۰۰۲ استحکام کششی و میزان کشش تا استحکام کششی لیگاجوره‌های الاستومری شفاف، آبی، سبز، خاکستری و ارغوانی دو شرکت Ormco و Unitek را در فواصل زمانی مختلف مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه استحکام کششی لیگاجوره‌های شرکت Unitek در همه فواصل زمانی اندکی بیشتر از لیگاجوره‌های شرکت Ormco بود ولی هر دو نوع لیگاجور کاهش تدریجی در استحکام

دقیقه (۵ میلیمتر در دقیقه) مطابق روش Kovatch^(۱۰) انجام گرفت (تصویر ۱).

به طور خلاصه، خصوصیات استحکامی لیگاتورهای الاستومری که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت عبارت بودند از:

۱- استحکام کششی (Tensile strength): حداکثر نیرویی است که یک ساختار می تواند قبل از شکستن / پارگی تحمل نماید.^(۱۱) در این تحقیق منظور از استحکام کششی نیروی لازم برای پاره شدن لیگاتور الاستومری می باشد.

۲- میزان کشش تا استحکام کششی (Extension to tensile strength): میزان کشش تا حداکثر نیرو (استحکام کششی) می باشد. این خصوصیت یک اندازه گیری غیرمستقیم از چقرمگی این لیگاتورها فراهم می کند و می توان آن را به صورت «خصوصیت مقاومت در برابر پاره شدن» توصیف نمود.^(۱۱) لیگاتورهایی که میزان کشش تا استحکام کششی بالایی دارند (یعنی باید یک مسافت طولانی قبل از رسیدن به استحکام کششی خود کشیده شوند) پاره کردنشان مشکل تر است، در حالی که لیگاتورهایی که میزان کشش تا استحکام کششی کوتاهی دارند، راحت تر پاره می شوند.^(۸)

۳- چقرمگی (Toughness): چقرمگی که در واقع انرژی لازم برای شکست یک جسم می باشد را می توان به صورت کل منطقه زیر منحنی نیرو-کشیدگی، از نیروی صفر تا نقطه پارگی، اندازه گیری نمود. این خاصیت به هر دو خاصیت استحکام کششی و میزان کشش تا استحکام کششی وابسته است.^(۱۱)

الف) آزمایش لیگاتورها در حالت اولیه

برای این قسمت از تحقیق ۱۵ عدد لیگاتور الاستومری شفاف از بسته ۱۰۰۰ تایی محصول هر شرکت به صورت تصادفی انتخاب و در دستگاه Zwick با سرعت کراس هد پنج میلیمتر در دقیقه تا زمان پارگی کشیده شدند. منحنی های نیرو-کشیدگی همه نمونه ها و مقادیر نیرو در هر میزان کشیدگی توسط کامپیوتر ثبت شد. با استفاده از این منحنی ها استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی

کششی در طی زمان نشان دادند. میزان کشش تا استحکام کششی که برای اولین بار در این مطالعه بررسی شد، با گذشت زمان در اکثر گروههای مورد مطالعه افزایش تدریجی نشان داد.^(۸)

به طور کلی در ارتودنسی انواعی از لیگاتورهای الاستومری مطلوبند که استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی آنها بالا باشد تا در حین استفاده کلینیکی و در فواصل ملاقات بیمار (معمولاً ۲۱ تا ۲۸ روز) پاره نشوند. لذا هدف از این تحقیق آن بود که خصوصیات استحکامی (استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی) لیگاتورهای الاستومری چند شرکت مختلف خارجی و داخلی را در حالت اولیه و بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده با یکدیگر مقایسه کند و تغییراتی را که در خصوصیات استحکامی هر نوع لیگاتور الاستومری پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده ایجاد می شود، بررسی نماید.

مواد و روش ها

در این مطالعه تجربی-آزمایشگاهی لیگاتورهای الاستومری شفاف تزریقی هفت شرکت Techno Tak، American Orthodontics، Ortho Technology، GAC، ITO، All Star و Dentaurum انتخاب شدند. قطر داخلی تمام لیگاتورهای آزمایش شده یکسان (۳mm) بود. قابل ذکر است که لیگاتورهای شرکتهای ITO و Techno Tak در داخل ایران ساخته می شوند؛ البته مواد اولیه این لیگاتورها از کشور آلمان وارد می شود.

در این مطالعه لیگاتورهای الاستومری در دو حالت «اولیه» و «پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده» تحت آزمایشهای کششی قرار گرفتند. آزمایشها به وسیله دستگاه کشش Zwick مدل Z250 انجام گرفت.^۱ با استفاده از سیم استنلس استیل ۰/۸ میلیمتر قلابهای U شکلی ساخته شد تا لیگاتورها را جهت انجام آزمایش کشش در دستگاه Zwick نگه دارد. آزمایش کشش با سرعت کراس هد ۰/۲ اینچ در

لیگاتورهای مورد آزمایش تعیین گردید.

(ب) آزمایش لیگاتورها بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده

از آنجا که لیگاتورهای استفاده شده در حالت اولیه در طی انجام آزمایش پاره می شدند، برای این بخش از مطالعه ۱۵ عدد لیگاتور الاستومری شفاف دیگر از هر شرکت به صورت تصادفی انتخاب شدند. برای نگهداری لیگاتورها در بزاق مصنوعی ۷ عدد Jig فولادی ساخته شد که سطح مقطع آنها به اندازه سطح قاعده براکت استاندارد اج وایز سانترال بالا با Slot 18 بود. سطح Jig ها به منظور جلوگیری از زنگ زدگی با دو لایه رنگ روغنی رقیق پوشانده شد. در یک سر هر کدام از Jig ها یک براکت سانترال بالا چسبانده شد و سر دیگر آنها به صورت مخروطی فرم داده شد تا خروج لیگاتورها را تسهیل نماید. لیگاتورهای الاستومری هر شرکت ابتدا با استفاده از موسکیتو فورسپس بر روی براکت هر Jig قرار داده شدند و سپس به قسمت پایین تر Jig منتقل شدند تا کاربرد و نگهداری لیگاتورها در مدت آزمایش مشابه شرایط کلینیکی باشد (تصویر ۲). Jig ها در بطری های شیشه ای جداگانه که حاوی بزاق مصنوعی بود، قرار داده شدند و در انکوباتور در دمای 37°C به مدت ۲۸ روز نگهداری شدند. بزاق مصنوعی هر هفته تعویض شد. پس از

پایان ۲۸ روز، Jig ها از انکوباتور بیرون آورده شدند و به مدت ۱۴ ساعت در دستگاه ترموسایکل قرار داده شدند. چرخه های حرارتی در دمای 5°C و 55°C با زمان ماندگاری ۳۰ ثانیه مطابق با استاندارد ایزو ۱۰۴۷۷ انجام گردید.^(۱۲) مدت نگهداری در دستگاه ترموسایکل با توجه به مطالعه De Genova و همکاران^(۱۳) تعیین شد. پس از آن لیگاتورهای الاستومری از Jig های نگهدارنده بیرون آورده شدند و مثل حالت قبل در دستگاه Zwick آزمایش شدند.

مقادیر به دست آمده استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی لیگاتورهای الاستومری با استفاده از نرم افزار SPSS تحت آنالیز آماری قرار گرفت. به این منظور آنالیز واریانس دوعاملی سه متغیره انجام شد که به علت وجود تأثیر متقابل بین دو عامل مورد بررسی این آنالیز کنار گذاشته شد و از آنالیز واریانس یک عاملی و به دنبال آن آزمون Tukey استفاده گردید.

یافته ها

مقادیر میانگین خصوصیات استحکامی (استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی) لیگاتورهای الاستومری هر شرکت در حالت اولیه و بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده در جدول ۱ ارائه شده است.



تصویر ۲: نمای لیگاتورهای الاستومری بر روی Jig های نگهدارنده جهت تقلید شرایط داخل دهانی



تصویر ۱: نمای هنگام آزمایش لیگاتورهای الاستومری در

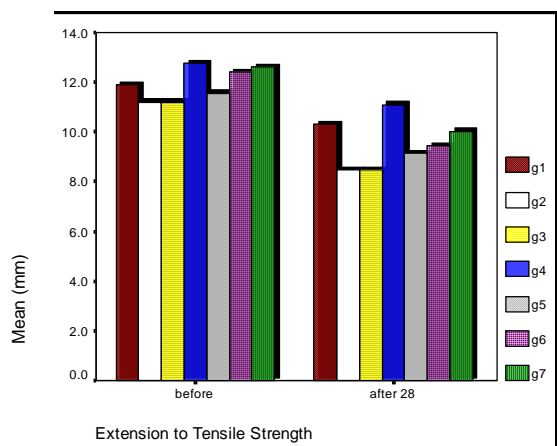
دستگاه Zwick

جدول ۱: میانگین و انحراف معیار استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی هر یک از گروههای مورد مطالعه در حالت اولیه و پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده

گروه	تعداد	استحکام کششی میانگین \pm انحراف معیار نیوتن	میزان کشش تا استحکام کششی میانگین \pm انحراف معیار میلیمتر	چقرمگی میانگین \pm انحراف معیار نیوتن میلیمتر
American Orthodontics	در حالت اولیه	۲۲/۵۶ \pm ۱/۳۷	۱۱/۸۸ \pm ۰/۴۷	۱۲۱/۹۲ \pm ۵/۱۰
	بعد از ۲۸ روز	۱۸/۰۴ \pm ۱/۳۱	۱۰/۳۳ \pm ۰/۶۸	۹۶/۴۹ \pm ۱۱/۱۷
Ortho Technology	در حالت اولیه	۱۵/۱۲ \pm ۱/۱۹	۱۱/۳۰ \pm ۰/۸۲	۸۹/۶۲ \pm ۱۳/۶۴
	بعد از ۲۸ روز	۱۱/۸۵ \pm ۱/۲۹	۸/۴۵ \pm ۰/۹۵	۵۳/۸۸ \pm ۱۱/۴۶
GAC	در حالت اولیه	۲۰/۱۱ \pm ۱/۵۷	۱۳/۱۹ \pm ۲/۰۴	۱۲۴/۱۲ \pm ۲۰/۶۴
	بعد از ۲۸ روز	۱۵/۹۰ \pm ۲/۱۲	۱۰/۱۷ \pm ۲/۲۹	۸۴/۰۶ \pm ۲۶/۹۲
Techno Tak	در حالت اولیه	۲۷/۳۷ \pm ۱/۶۴	۱۲/۷۷ \pm ۰/۸۸	۱۵۵/۰۵ \pm ۱۸/۴۵
	بعد از ۲۸ روز	۱۹/۴۰ \pm ۱/۹۸	۱۱/۱۱ \pm ۱/۱۵	۱۰۶/۰۳ \pm ۱۸/۷۳
All Star	در حالت اولیه	۲۲/۴۴ \pm ۲/۶۲	۱۱/۵۲ \pm ۰/۹۵	۱۰۹/۱۳ \pm ۱۰/۸۷
	بعد از ۲۸ روز	۱۶/۴۳ \pm ۳/۴۱	۹/۱۵ \pm ۱/۵۳	۶۸/۳۹ \pm ۲۰/۴۵
Dentaurum	در حالت اولیه	۲۲/۳۱ \pm ۱/۱۶	۱۲/۳۶ \pm ۰/۸۷	۱۵۲/۸۶ \pm ۲۰/۳۳
	بعد از ۲۸ روز	۱۷/۵۰ (۱/۹۷)	۹/۴۶ \pm ۱/۲۵	۷۴/۶۲ \pm ۱۱/۰۶
ITO	در حالت اولیه	۲۳/۰۵ \pm ۲/۳۶	۱۲/۵۲ \pm ۰/۸۰	۱۶۰/۳۹ \pm ۲۲/۳۱
	بعد از ۲۸ روز	۱۶/۴۵ \pm ۱/۴۷	۱۰/۰۳ \pm ۰/۹۸	۱۲۱/۶۸ \pm ۸۶/۶۱

نگهداری در محیط دهانی تقلید شده (نمودار های ۱ تا ۳) آنالیز واریانس یک عاملی سه متغیره انجام شد. نتیجه آزمون T^2 هتلینگ نشان داد که تفاوتی معنی داری در خصوصیات استحکامی (استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی) لیگاجورهای الاستومری شرکت های مختلف هم در حالت اولیه و هم بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده وجود دارد ($P < ۰/۰۰۱$). به منظور مقایسه دوسودی گروههای مورد مطالعه پس از انجام هر آنالیز واریانس، آزمون Tukey انجام شد. نتایج این آزمون نشان داد که در متغیر استحکام کششی در حالت اولیه گروه Ortho Technology (با میانگین ۱۵/۱۱) کمترین و گروه Techno Tak (با میانگین ۲۷/۳۷) بیشترین استحکام کششی را دارا بودند. در مورد استحکام کششی بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی

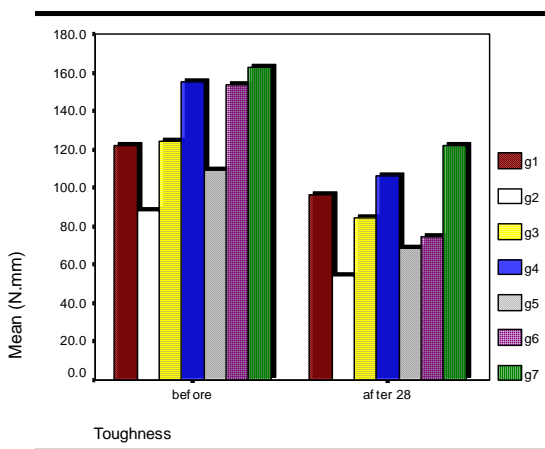
برای مقایسه خصوصیات استحکامی لیگاجورهای الاستومری هر شرکت در حالت اولیه و بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده آنالیز واریانس یک عاملی سه متغیره انجام شد. نتیجه آزمون T^2 هتلینگ نشان داد که در همه گروههای مورد بررسی میانگین خصوصیات استحکامی (استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی) بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده به صورت معنی داری کاهش یافته است ($P < ۰/۰۰۱$). تنها استثنا به این قانون چقرمگی لیگاجورهای ITO بود که پس از ۲۸ روز تفاوت معنی داری با حالت اولیه نداشت ($P = ۰/۱۰۵$). برای مقایسه خصوصیات استحکامی لیگاجورهای شرکتهای مختلف هم در حالت اولیه و هم بعد از ۲۸ روز



g1= American Orthodontics
 g2 = Ortho Technology
 g3 = GAC
 g4 = Techno Tak
 g5= All Star
 g6 = Dentaureum
 g7 = ITO

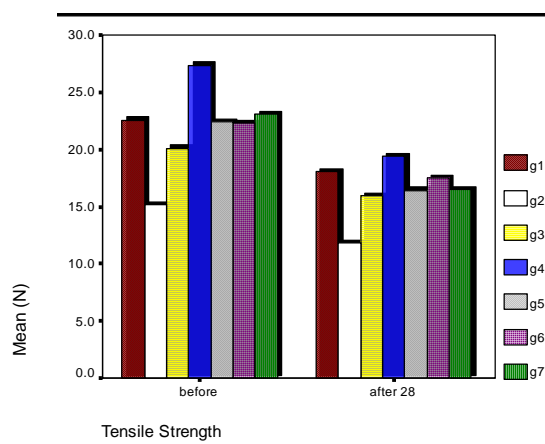
نمودار ۲: مقایسه میانگین میزان کشش تا استحکام کششی گروههای مورد مطالعه با یکدیگر در حالت اولیه و بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده

تقلید شده گروه Ortho technology (با میانگین ۱۱/۸) کمترین و گروه های American Orthodontics, Dentaureum Techno Tak (به ترتیب با میانگین های ۱۷/۵، ۱۸ و ۱۹/۴ نیوتن) دارای بالاترین مقادیر استحکام کششی بودند. در متغیر میزان کشش تا استحکام کششی در حالت اولیه آزمون Tukey نشان داد که گروههای Ortho Technology, American Orthodontics و All Star (به ترتیب با میانگین های ۱۱/۳، ۱۱/۵ و ۱۱/۸ میلیمتر) کمترین و گروههای American Orthodontics, Techno Tak, ITO, Dentaureum (به ترتیب با میانگین های ۱۲/۳، ۱۲/۵، ۱۲/۷ و ۱۳/۱ میلیمتر) بیشترین مقادیر میزان کشش تا استحکام کششی را دارا بودند. در مورد میزان کشش تا استحکام کششی بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده گروههای Ortho Technology, American Orthodontics و All Star (به ترتیب با میانگین های ۸/۴، ۹/۱ و ۹/۴ میلیمتر) کمترین و گروههای American Orthodontics و Techno Tak (به ترتیب با میانگین های ۱۰/۱، ۱۰/۳ و ۱۱/۱ میلیمتر) بالاترین مقادیر میزان کشش تا استحکام کششی را دارا بودند.



g1= American Orthodontics
 g2 = Ortho Technology
 g3 = GAC
 g4 = Techno Tak
 g5= All Star
 g6 = Dentaureum
 g7 = ITO

نمودار ۳: مقایسه میانگین چقرمگی گروههای مورد مطالعه با یکدیگر در حالت اولیه و بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده.



g1= American Orthodontics
 g2 = Ortho Technology
 g3 = GAC
 g4 = Techno Tak
 g5= All Star
 g6 = Dentaureum
 g7 = ITO

نمودار ۱: مقایسه میانگین استحکام کششی گروههای مورد مطالعه با یکدیگر در حالت اولیه و بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده

Techno Tak Ortho Technology تا ۱۹/۴N برای لیگاجورهای متغیر بود. همه لیگاجورهای مورد استفاده در این بررسی کاهش تقریبی ۲۰-۳۰ درصد را در استحکام کششی پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده نشان دادند. این مشابه یافته های Lam و همکاران^(۸) می باشد که عموماً کاهش استحکام کششی را در طی زمان برای لیگاجورهای شفاف و رنگی Ormco و Unitek گزارش کردند. Dowling و همکاران^(۹) در مطالعه خود پس از ۴ هفته نگهداری لیگاجورها در محیط مایع، ۲۰-۱۰٪ کاهش در استحکام شکست لیگاجورهای تزریقی و ۳۵٪ کاهش در استحکام شکست لیگاجورهای برشی مشاهده نمودند.

میزان کشش تا استحکام کششی (Extension to tensile strength) لیگاجورهای الاستومری برای اولین بار در مطالعه Lam و همکاران^(۸) در سال ۲۰۰۲ بررسی شد. این خصوصیت نشان دهنده مسافتی است که می توان لیگاجورها را قبل از پاره شدن آنها کشید. این خاصیت به صورت خصوصیت «مقاومت در برابر پاره شدن» توصیف شده و در واقع یک اندازه گیری غیرمستقیم از چقرمگی این لیگاجورها فراهم می کند. میزان کشش تا استحکام کششی لیگاجورهای الاستومری این تحقیق از ۱۱/۳mm برای لیگاجورهای Ortho Technology تا ۱۳/۱mm برای لیگاجورهای GAC متغیر بود. این اعداد قدری بیشتر از ارقامی هستند که قبلاً توسط Lam و همکاران^(۸) برای لیگاجورهای شفاف و رنگی Ormco (۱۰/۴-۶/۹) و Unitek (۸/۳-۱۰mm) گزارش شدند که این هم می تواند به تفاوت در نوع پلیمر پلی اورتان مورد بررسی یا تفاوت در روش تحقیق این مطالعات نسبت داده شود.

پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده، کمترین میزان کشش تا استحکام کششی مربوط به لیگاجورهای Ortho Technology (۸/۴mm) و بیشترین آن مربوط به لیگاجورهای Techno Tak (۱۱/۱mm) بود. همه لیگاجورهای مورد استفاده در این بررسی کاهش تقریبی ۲۵-۱۲ درصد در میزان کشش تا استحکام کششی بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده نشان دادند. این

در متغیر چقرمگی در حالت اولیه آزمون Tukey نشان داد که گروه Ortho Technology (با میانگین ۸۹/۶ نیوتن. میلیمتر) کمترین و گروههای Dentaurum، Techno Tak و ITO (به ترتیب با میانگین های ۱۵۲/۸، ۱۵۵ و ۱۶۰/۳ نیوتن. میلیمتر) بالاترین مقادیر چقرمگی را دارا بودند. در مورد چقرمگی بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده گروههای Ortho Technology، All Star و Dentaurum (به ترتیب با میانگین های ۵۳/۸، ۶۸/۳ و ۷۴/۶ نیوتن. میلیمتر) کمترین و گروههای American Orthodontis، Techno Tak و ITO (به ترتیب با میانگین های ۹۶/۴، ۱۰۶ و ۱۲۱/۶ نیوتن. میلیمتر) دارای بالاترین مقادیر چقرمگی بودند.

بحث

میانگین استحکام کششی (Tensile strength) لیگاجورهای الاستومری مورد استفاده در این تحقیق، در حالت اولیه از ۱۵/۱N برای لیگاجورهای Ortho Technology تا ۲۷/۳N برای لیگاجورهای Techno Tak متغیر بود. Lam و همکاران^(۸) مقادیر استحکام کششی ۱۹/۲N و ۲۱/۷N را به ترتیب برای لیگاجورهای شفاف Ormco و Unitek گزارش کردند. در تحقیق Dowling و همکاران^(۹) مقادیر استحکام کششی لیگاجورهای شفاف و رنگی تزریقی A-Company بین ۱۵/۲N تا ۱۹/۸N بود. تفاوت در مقادیر استحکام کششی این لیگاجورها را می توان تا حدودی به نوع پلیمر پلی اورتان بررسی شده یا تفاوت در روش تحقیق نسبت داد. در مورد نوع پلیمر باید ذکر شود که ترکیب دقیق پلیمرهای الاستیک مصنوعی اطلاعات اختصاصی می باشد.^(۳،۴) در ارتباط با روش تحقیق، در مطالعه Lam و همکاران^(۸) لیگاجورها با سرعت ۲۵ mm/min و در تحقیق Dowling و همکاران^(۹) لیگاجورها با سرعت ۵۰ mm/min تا زمان پارگی کشیده شدند. در این تحقیق بنابر پیشنهاد Kovatch و همکاران^(۱۰) از سرعت کراس هد ۵mm/min استفاده شد. به علت حساس بودن الاستومرها به سرعت کشش این امر می تواند تا حدودی دلیل تفاوت در ارقام این مطالعات باشد.

پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده، میانگین استحکام کششی از ۱۱/۸N برای لیگاجورهای

دهانی تقلید شده نشان می دهد که استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی در همه لیگاجوره‌های آزمایش شده (به استثنای چقرمگی لیگاجوره‌های ITO) پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده به صورت معنی داری کاهش یافته است. کاهش خصوصیات استحکامی لیگاجوره‌های الاستومری را می توان به تخریب مواد پلیمری در اثر حرارت و رطوبت نسبت داد. فساد مواد پلیمری در حضور رطوبت و حرارت در مطالعات مختلف ثابت شده است. (۱۵ و ۱۴)

در ارتباط با مقایسه میانگین خصوصیات کششی لیگاجوره‌های الاستومری شرکت‌های مختلف با یکدیگر مشاهده می شود که در تمام متغیرهای مورد بررسی (استحکام کششی، میزان کشش تا استحکام کششی و چقرمگی)، همه گروه‌ها اختلاف معنی داری هم در حالت اولیه و هم پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده نشان دادند.

در مورد استحکام کششی، آزمون Tukey نشان داد که کمترین استحکام کششی هم در حالت اولیه و هم بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده متعلق به لیگاجوره‌های Ortho Technology بود. بیشترین میزان استحکام کششی در حالت اولیه مربوط به لیگاجوره‌های Techno Tak بود؛ در حالی که پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده، گروه های Dentaurum, American Orthodontics و Techno Tak بالاترین میزان استحکام کششی را دارا بودند. به طور کلی مقادیر بالاتر استحکام کششی مطلوب تر می باشد؛ چرا که نشان می دهد ساختار مورد بررسی می تواند حداکثر نیروی بیشتری را قبل از پارگی تحمل نماید. به هر حال این خاصیت باید با در نظر گرفتن میزان کشش تا استحکام کششی سنجیده شود.

در مورد میزان کشش تا استحکام کششی، اگر چه که همه گروه‌ها اختلاف معنی داری هم در حالت اولیه و هم بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده با یکدیگر داشتند، تفاوت عددی بین شرکت‌های مختلف نسبتاً کم بود و تحت شرایط این آزمایش نمی توان برتری نسبی لیگاجوره‌های شرکت یا شرکت های خاصی را تعیین نمود.

یافته برخلاف مشاهدات Lam و همکاران^(۸) می باشد که گزارش کردند میزان کشش تا استحکام کششی لیگاجوره‌های Ormco و Unitek تقریباً ۲۲-۷ درصد در طی دوره آزمایش آنها افزایش یافت.

از آنجا که در مورد خصوصیات استحکامی لیگاجوره‌های الاستومری تحقیقات بسیار کمی انجام شده است، مقایسه نتایج این تحقیق با مطالعات دیگر محدود می باشد.

مقادیر اولیه چقرمگی (Toughness) از ۸۹/۶N.mm برای لیگاجوره‌های Ortho Technology تا ۱۶۰/۳N.mm برای لیگاجوره‌های ITO متفاوت بود. پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده، کمترین میزان چقرمگی متعلق به لیگاجوره‌های Ortho Technology (۵۳/۸N.mm) و بیشترین آن مربوط به لیگاجوره‌های ITO (۱۲۱/۶N.mm) بود. همه لیگاجوره‌های مورد بررسی در این تحقیق پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده کاهش چقرمگی را به میزان ۲۰-۵۱ درصد نشان دادند. در این زمینه، کمترین درصد کاهش چقرمگی متعلق به لیگاجوره‌های American Orthodontics و بیشترین درصد کاهش چقرمگی مربوط به لیگاجوره‌های Dentaurum بود. بنابر اطلاعات ما، چقرمگی لیگاجوره‌های الاستومری به صورت مستقیم در مطالعات قبلی بررسی نشده است. این خاصیت به هر دوی استحکام کششی و میزان کشش تا استحکام کششی بستگی دارد و در تعریف، میزان انرژی لازم برای شکست یک جسم می باشد. چقرمگی را می توان به صورت کل منطقه زیر منحنی نیرو-کشیدگی، از نیروی صفر تا نقطه پارگی اندازه گیری نمود. می توان گفت لیگاجوره‌هایی که چقرمگی پایین تری دارند، انرژی کمتری برای پاره کردنشان لازم است و احتمال بیشتری دارد که هنگام کاربرد کلینیکی و یا در فواصل ملاقات بیمار - بخصوص اگر فاصله ملاقات به هر دلیلی طولانی شود - تحت فشارهای وارده هنگام جویدن یا عادات بهداشت دهانی پاره شوند که مورد اخیر همراه با از دست دادن بعدی کنترل دندان می باشد.

مقایسه خصوصیات کششی لیگاجوره‌های الاستومری هر شرکت در حالت اولیه و بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط

سازنده ممکن است نوع پلیمر پلی اورتان مورد استفاده خود را در طی زمان تغییر دهند. به علاوه لیگاجوره‌های مختلف ممکن است در کاربردهای کلینیکی متفاوت، برتری نسبی داشته باشند. بنابراین نمی توان قطعاً نتیجه گرفت که یک فرآورده برتر از دیگری می باشد. به هر حال نتایج این مطالعه به کلینیسین اطلاعاتی ارائه می دهد تا بتواند هنگام انتخاب محصولات مورد استفاده در نظر بگیرد. واقعیت عملی هنگام انتخاب لیگاجورها ممکن است علاقه کلینیسین به یک شرکت خاص، هزینه لیگاجورها، تنوع اندازه ها و رنگ های موجود و احتمالاً احساس کلینیکی لیگاجورها باشد.^(۶) این تحقیق دلایل دیگری جهت انتخاب لیگاجوره‌های الاستومری به ارتودنتیست ارائه می نماید. اگر چه که یافته های این مطالعه ممکن است یک راهنمای سودمند در رفتار کلینیکی مورد انتظار لیگاجوره‌های الاستومری آزمایش شده باشد، همواره باید در تعمیم یافته های In vitro به محیط کلینیکی احتیاط به کار گرفته شود.

گسترش این مطالعه می تواند شامل بررسی خصوصیات کششی لیگاجوره‌های الاستومری به صورت داخل دهانی، ارزیابی خصوصیات کششی لیگاجوره‌های الاستومری رنگی، بررسی خصوصیات کششی لیگاجوره‌های الاستومری دارای فلوراید، ارزیابی اضمحلال نیروی لیگاجوره‌های الاستومری و بررسی خصوصیات کششی لیگاجوره‌های الاستومری در فواصل زمانی مختلف باشد.

نتیجه گیری

۱- تقریباً همه لیگاجوره‌های الاستومری مورد بررسی پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده به صورت معنی داری دچار کاهش خصوصیات استحکامی شدند که به صورت کاهش استحکام کششی، کاهش میزان کشش تا استحکام کششی و کاهش چقرمگی نمایان شد.

۲- لیگاجوره‌های الاستومری این تحقیق در کلیه خصوصیات کششی مورد بررسی هم در حالت اولیه و هم بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده، تفاوت‌های قابل توجهی با یکدیگر داشتند.

۳- تحت شرایط این مطالعه لیگاجوره‌های

مقایسه چقرمگی لیگاجوره‌های مورد بررسی نشان می دهد که گروه Ortho Technology در هر دو حالت مورد بررسی دارای کمترین میزان چقرمگی بود. گروه Dentaurum با این که در حالت اولیه بیشترین مقدار چقرمگی را داشت، بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده، دارای کمترین میزان چقرمگی شد. چقرمگی گروه های ITO و Techno Tak در هر دو حالت مورد بررسی بیشترین بود و گروه American Orthodontics نیز از چقرمگی بالایی برخوردار بود.

به طور کلی کاهش خصوصیات استحکامی لیگاجوره‌های الاستومری نشان می دهد که بهتر است این لیگاجورها در هر جلسه ملاقات بیمار به منظور کاهش خطر پارگی تعویض شوند.

با توجه به تعداد متغیرهای مورد بررسی در حالت اولیه و پس از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده، نتیجه گیری در مورد انتخاب لیگاجور الاستومری مناسب از لحاظ خصوصیات کششی مشکل می باشد. به هر حال می توان گفت تحت شرایط این تحقیق، لیگاجوره‌های الاستومری شفاف Ortho Technology خصوصیات استحکامی ضعیف تری نسبت به گروه های دیگر نشان دادند. لیگاجوره‌های الاستومری American Orthodontics و Techno Tak خصوصیات کششی بالاتری نسبت به گروه‌های دیگر دارا بودند و از لحاظ خصوصیات استحکامی انتخاب مناسبی برای کلینیسین می باشند. لیگاجوره‌های الاستومری GAC و ITO (لیگاجوره‌های ITO در کشور ما ساخته می شود و خصوصیت قابل توجه آن، معنی دار نبودن کاهش چقرمگی بعد از ۲۸ روز نگهداری در محیط دهانی تقلید شده می باشد)، نیز در مجموع خصوصیات استحکامی مطلوبی داشتند و می توانند انتخاب مناسبی برای ارتودنتیست باشند.

نتایج این بررسی فقط به لیگاجوره‌های شفاف که در محیط دهانی تقلید شده آزمایش شده بودند، اشاره می کند. باید توجه داشت که در افراد مختلف در زمانهای مختلف، لیگاجوره‌های الاستومری ممکن است به یک روش مشابه از لحاظ خصوصیات کششی عمل نکنند. همچنین شرکتهای

هر جلسه ملاقات بیمار به منظور کاهش خطر پارگی تعویض شوند.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری صمیمانه معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مشهد که هزینه انجام این طرح را متقبل شدند تقدیر و تشکر می گردد.

Ortho Technology عموماً خصوصیات استحکامی پایین تر و لیگاتورهای American Orthodontics و Techno Tak خصوصیات استحکامی بالاتری نسبت به گروه های دیگر نشان دادند.
۴- کاهش خصوصیات استحکامی لیگاتورهای الاستومری مورد بررسی نشان می دهد که بهتر است این لیگاتورها در

منابع

1. Andreasen GF, Bishara S. Comparison of alastic chains with elastics involved with intra-arch molar to molar forces. Angle Orthod 1970; 40(3): 151-8.
2. Bishara SE, Andreasen GF. A comparison of time related forces between plastic alastiks and latex elastics. Angle Orthod 1970; 40(4): 319-28.
3. Wong AK. Orthodontic elastic materials. Angle Orthod 1976; 46(2): 196-205.
4. Young J, Sandrik JL. The influence of preloading on stress relaxation of orthodontic elastic polymers. Angle Orthod 1979; 49(2): 104-9.
5. Taloumis LJ, Smith TM, Hondrum SO, Lorton L. Force decay and deformation of orthodontic elastomeric ligatures. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1997; 111(1): 1-11.
6. Forsberg CM, Brattstrom V, Malmberg E, Nord CE. Ligature wires and elastomeric rings: two methods of ligature and their association with microbial colonization of streptococcus mutans and lactobacilli. Eur J Orthod 1991; 13(5): 416-20.
7. Echols MP. Elastic ligatures, binding forces and anchorage taxation. Am J Orthod 1975; 67(2): 219-27.
8. Lam TV, Freer TJ, Brockhurst PJ, Podlich HM. Strength decay of orthodontic elastomeric ligatures. J Orthod 2002; 29(1): 37-43.
9. Dowling PA, Jones WB, Lagerstrom L, Sandham JA. An investigation into the behavioural characteristics of orthodontic elastomeric modules. Br J Orthod 1998; 25(3): 197-202.
10. Kovatch JS, Lautenschlager EP, Apfel DA, Keller JC. Load-extension-time behavior of orthodontic Alastiks. J Dent Res 1976; 55(5): 783-6.
11. Phillips RW. Science of Dental Materials. 9th ed. W.B. Philadelphia; Saunders Co; 1991. P. 29.
12. International Organization for Standardization 1996. Dentistry-polymer-based crown and bridge materials. Amendment ISO 10477. Geneva.
13. De Genova DC, McInnes-Ledoux P, Weinberg R, Shaye R. Force degradation of orthodontic elastomeric chains-a product comparison study. Am J Orthod 1985; 87(5): 377-84.
14. Huget EF, Patrick KS, Nunez LJ. Observations on the elastic behavior of a synthetic orthodontic elastomer. J Dent Res 1990; 69(2): 496-501.
15. Stevenson JS, Kusy RP. Force application and decay characteristics of untreated and treated polyurethane elastomeric chains. Angle Orthod 1994; 64(6): 455-67.