Tensile strength, flexural strength, and deflection analysis of three types of fixed lingual retainers in laboratory settings: A comparative study

Afsaneh Ghorbani[1], Sedigheh Sheikhzadeh[2,*], Homayoon Alaghehmand[3], Valiollah Arash[4], Seyyed Ali Seyyed Majidi[5]

1- Post-Graduate Student, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran; Member of Student Research Committee, Babol University of Medical Science, Babol, Iran
2- Associate Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran; Member of Dental Materials Research Center, Health Research Institute, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
3- Professor, Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran; Member of Dental Materials Research Center, Health Research Institute, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
4- Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran; Member of Dental Materials Research Center, Health Research Institute, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran
5- Ph.D of Dental Materials, School of Dentistry, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received: 2 Jul 2024
Accepted: 30 Nov 2024
Published: 8 Dec 2024

Corresponding Author:
Sedigheh Sheikhzadeh

Department of Orthodontics, School of Dentistry, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

(Email: elfsh@yahoo.com)

Abstract

Background and Aims: Ensuring the long-term stability of orthodontic treatments and preventing tooth relapse remains a significant challenge in orthodontics, often addressed through the extended use of retainers. Given the pivotal role of retainers' physical and mechanical properties in this regard, this study aimed to investigate the tensile strength, flexural strength, and deflection of three distinct types of fixed orthodontic retainers.

Materials and Methods: In this laboratory study, each group comprised 12 samples of twisted, flat, and coaxial retainer wires, each measuring 8 mm in length. These samples were affixed onto the polyethylene blocks using cyanoacrylate adhesive and subsequently subjected to compressive loads using a universal testing machine. The maximum bending strength and deflection rate were recorded from stress-strain diagrams. To evaluate the tensile strength, the identical samples underwent tensile loading. Statistical analysis was performed utilizing SPSS software, employing analysis of variance tests to compare data between groups.

Results: Significant differences were observed in the bending strength ($P=0.004$), deflection ($P<0.001$), and tensile strength ($P<0.001$) among the investigated retainer wires. The flat retainer wire exhibited the highest bending strength, averaging 822.876±136.07 MPa, while the coaxial retainer wire showed the lowest, with an average of 673.65±73.35 MPa. Regarding deflection, the flat retainer wire displayed the highest average at 4.04±0.6 mm, surpassing the other two types of retainers. However, the tensile strength of the twisted retainer wires, averaging 699.7±83.46 MPa, exceeded that of both the flat and coaxial retainer wires.

Conclusion: The flat retainer wires demonstrated the highest bending and deflection strength, while the twisted retainer wires exhibited the highest tensile strength. Overall, the bending strength, deflection, and tensile strength of the 3-strand twisted and flat retainer wires outperformed those of the 5-strand coaxial retainer wires, increased flexural and tensile strengths imply a higher resistance of the wires to the forces induced by harder and more viscous foodstuffs.

Keywords: Orthodontic appliances, Orthodontics, Orthodontic retainers, Fixed

Cite this article as: Ghorbani A, Sheikhzadeh S, Alaghehmand H, Arash V, Seyyed Majidi SA. Tensile strength, flexural strength, and deflection analysis of three types of fixed lingual retainers in laboratory settings: A comparative study. J Dent Med-TUMS. 2024;37:20.

Copyright © 2024 Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

مقایسه آزمایشگاهی استحکام خمشی، کششی و خمش سه نوع نگهدارنده ثابت لینگوالی: یک مطالعه مقایسه‌ای

افسانه قربانی[۱]، صدیقه شیخ زاده[۲،*]، همایون علاقمند[۳]، ولی اله آرش[۴]، سید علی سید مجیدی[۵]

۱- دستیار تخصصی گروه آموزشی ارتودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران؛ عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۲- دانشیار گروه آموزشی ارتودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران؛ عضو مرکز تحقیقات مواد دندانی، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۳- استاد گروه آموزشی ترمیمی و زیبایی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران؛ عضو مرکز تحقیقات سلامت و بهداشت دهان، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۴- استاد گروه آموزشی ارتودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران؛ عضو مرکز تحقیقات سلامت و بهداشت دهان، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۵- Ph.D مواد دندانی، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

چکیده

زمینه و هدف: ثبات بلند مدت درمان و جلوگیری از بازگشت تغییرات دندان‌ها یکی از چالش‌های درمان ارتودنسی است که با استفاده بلند مدت از نگهدارنده محقق می‌شود. از آنجایی که خصوصیات فیزیکی مکانیکی نگهدارنده‌ها نقش اساسی در این مسأله دارد، مطالعه حاضر با هدف بررسی استحکام کششی، خمشی و خمش سه نوع نگهدارنده ثابت ارتودنسی انجام گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه ازمایشگاهی نمونه‌های ۸ میلی متری از سه نوع سیم ریتینر (۱۲ نمونه از هر گروه) بر روی بلوک‌های پلی اتیلنی توسط چسب سیانوآکریلات مانت و توسط ماشین تست یونیورسال تحت نیرو فشاری قرار گرفتند. حداکثر استحکام خمشی و میزان خمش از روی نمودار تنش- کرنش ثبت شد. جهت بررسی استحکام کششی نمونه‌های مشابه تحت بار کششی قرار گرفتند. داده‌ها توسط آزمون آنالیز واریانس نرم افزار SPSS مورد مقایسه بین گروهی قرار گرفتند.

یافته‌ها: اختلاف آماری معنی داری بین استحکام خمشی (P=۰/۰۰۴)، خمش (P<۰/۰۰۱) و استحکام کششی (P<۰/۰۰۱) نگهدارنده‌های مورد بررسی مشاهده گردید. بیشترین و کمترین استحکام خمشی به ترتیب در سیم ریتینر Flat با میانگین (± انحراف معیار) ۸۲۲/۸۷۶±۱۳۶/۰۷ مگاپاسکال و Coaxial با میانگین (± انحراف معیار) ۶۷۳/۶۵±۷۳/۳۵ مگاپاسگال بود. بیشترین میزان خمش در سیم ریتینر Flat با میانگین (± انحراف معیار) ۴/۰۴±۰/۶ میلی متر دیده شد. اما استحکام کششی نگهدارنده Twisted با میانگین (± انحراف معیار) ۶۹۹/۷±۸۳/۴۶ مگاپاسکال بیشتر از دو نگهدارنده Flat و Coaxial بود.

نتیجه گیری: بهترین استحکام خمشی و خمش مربوط به سیم ریتینر Flat و بالاترین استحکام کششی برای سیم ریتینر Twisted ثبت شد. به طور کلی میزان استحکام خمشی، خمش و استحکام کششی در سیم‌های ریتنر ۳ رشته‌ای Twisted و Flat به مراتب بهتر از سیم ریتینر ۵ رشته‌ای Coaxial بود، که بالا بودن استحکام خمشی و استحکام کششی به ترتیب، به معنای مقاومت بیشتر سیم در برابر نیروهایی است که با غذاهای سفت‌تر و چسبناک‌تر تولید می‌شود.

کلید واژه‌ها: اپلاینس ارتودنسی، ارتودنسی، نگهدارنده ارتودنسی، ثابت

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۱۲
پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۱۰
انتشار: ۱۴۰۳/۰۹/۱۸

نویسنده مسؤول:
صدیقه شیخ زاده

گروه آموزشی ارتودنتیکس، دانشکده دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

(Email: elfsh@yahoo.com)

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

مقدمه

اهداف اصلی درمان ارتودنسی شامل تصحیح فرم اکلوژن در راستای زیبایی و عملکرد است (۱). ثبات بلندمدت درمان ارتودنسی و جلوگیری از بازگشت درمان دندان‌ها که ممکن است به دلایل متعدد رخ دهد، نوعی چالش محسوب می‌شود (۲). به علاوه، تمایل طبیعی در قوس‌های دندانی برای کاهش طول، محیط و عرض بین کانینی وجود دارد که به خصوص در قدام مندیبل باعث افزایش تمایل آن‌ها به ایجاد کراودینگ می‌شود (۳،۴). با این وجود، بیماران و حتی متخصصان توانایی تمایز قائل شدن بین عود درمان و این تغییرات طبیعی را ندارند. متخصصان‌ها می‌توانند این تغییرات بلند مدت را به عنوان نوعی پروسه نرمال بپذیرند یا با دوره نگهداری طولانی مدت با آن‌ها مقابله کنند (۳،۵). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که ثبات طولانی مدت دندان‌ها در موقعیت درمان شده با ارتودنسی با خطر جدی مواجه شده و درجاتی از بازگشت درمان غیرقابل اجتناب خواهد بود (۶). پژوهشگران در سال‌های گذشته تلاش کرده‌اند تا میزان بازگشت درمان قابل قبول پس از توقف ریتنشن را دریابند که بازگشت به هم ریختگی کمتر از ۳/۵ میلی متر در سگمنت لیبیال را می‌توان قابل قبول در نظر گرفت (۷). از آنجایی که بعضی بیماران حتی درجات کمی از بی‌نظمی دندانی را نیز تحمل نمی‌کنند، لذا استفاده از ریتنشن طولانی مدت می‌بایست به عنوان یکی از مراحل اساسی در درمان ارتودنسی در نظر گرفته شود (۸).

بررسی پروتکل‌های معاصر مربوط به ریتنشن نشان دهنده افزایش تمایل کلینیسین‌ها به استفاده از نگهدارنده ثابت برای تمام طول عمر است که این امر همواره با مشکلاتی همراه است (۱۱-۹). برای مثال یک سؤال مهم این است که نگهداری نگهدارندههای ثابت بر عهده چه کسی خواهد بود (۱۲). مطالعات نشان داده‌اند که تنها پس از چند سال، بیماران به دلایل متعدد از فالوآپ‌های منظم خودداری کرده یا تنها وقتی به پزشک مراجعه می‌کنند که مشکلی پیش آمده باشد (۱۳). از طرفی نگهدارنده‌های متحرک نیاز به همکاری بیمار در استفاده صحیح و زمان توصیه شده دارد (۷).

با توجه به این موارد تلاش برای به حداکثر رساندن موفقیت نگهدارنده‌های لینگوالی ضروری است چراکه باید برای مدت زمان‌های طولانی در داخل دهان باقی مانده و عملکرد خود را حفظ کنند. فاکتورهای متعددی می‌توانند در عملکرد نرمال نگهدارنده‌های باند شده به سطح لینگوال دندان‌ها اختلال ایجاد کنند. از جمله این فاکتورها می‌توان به دباندینگ در اینترفیس مینا- کاپوزیت (adhesive failure)، دباندینگ در اینترفیس کامپوزیت- سیم (cohesive failure) و همچنین شکست سیم در اثر تنش اشاره کرد (۱۴،۱۵).

انتخاب نوع سیم در جلوگیری از این شکست‌ها بسیار مؤثر است (۱۶). مطالعات نشان داده‌اند که بهتر است نگهدارنده‌های لینگوالی انعطاف پذیر بوده و استحکام باند بالایی داشته باشند. مقاومت در برابر خمش‌های ناخواسته نیز از جمله ویژگی‌های مطلوب این سیم‌هاست (۱۷،۱۸). درحال حاضر، انواع زیادی از نگهدارنده‌های لینگوالی باند شونده از جنس استیل ضد زنگ یا تیتانیوم به صورت تجاری در دسترس هستند، اما اطلاعات در مورد خصوصیات فیزیکی این سیم‌ها بسیار محدودند که انتخاب نگهدارنده ایده آل را دشوار می‌کند به عنوان مثال مطالعه‌ای که توسط ElSorogy و همکاران (۱۹) انجام گرفت و به بررسی خصوصیات فیزیکی سه نوع نگهدارنده ثابت پرداخت به این نتیجه رسیدند که نیروی دباندینگ سیم braided بیشتر از دو نوع دیگر بود. از این رو در این مطالعه آزمایشگاهی به بررسی استحکام کششی، خمشی و خمش سه نوع نگهدارنده که کاربرد وسیع‌تر و بیشتری دارند و در دسترس هستند (۲۰،۲۱)، پرداخته شد که در مطالعات درصد گزارش شده‌ای از شکست و پاره شدن آن‌ها وجود ندارد.

روش بررسی

مطالعه ازمایشگاهی حاضر در تیرماه ۱۴۰۲ در مرکز تحقیقات دانشکده دندانپزشکی علوم پزشکی بابل انجام شد.

حداقل حجم نمونه در هر گروه براساس نتایج مطالعه مشابه انجام گرفته در مقایسه حداکثر نیروی لازم برای شکست باند دو نوع نگهدارنده ثابت (۲۲) با در نظر گرفتن دقت مطالعه ۹۵٪ (α=۰/۰۵) و توان مطالعه ۸۰٪ (β=۰/۲)، ۱۲ نمونه در هر گروه تعیین شد.

گروه اول

0/0175 stainless steel twisted wire (G&H Orthodontics, USA)

محبوب‌ترین سیم به عنوان نگهدارنده لینگوال است، که خاصیت فنر برگشتی بالایی داشته و همچنین دامنه خمش بالایی دارد، به آسانی می‌تواند فرم بگیرد و هنگام برش دادن از هم باز نمی‌شود و سیم عالی

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

یرای درمان اولیه است (شکل ۱).

شکل ۱– 0/0175 stainless steel twisted wire

گروه دوم

010 × 029 inch Stainless steel multi strand Flattened wire (American Orthodontics, USA)

آلیاژ کروم کبالت منحصر به فرد با خواص فیزیکی عالی می‌باشد که می‌تواند به راحتی خم شود و بدون خطر شکستگی شکل داده شود، می‌توان از عملیات حرارتی مناسب برای بالا بردن ویژگی‌های فنریت/کشش برای اعمال نیروی بیشتر استفاده کرد، در برابر کروژن مقاومت دارد و پولیش الکتریکی را می‌پذیرد (شکل ۲).

شکل ۲– 010 × 029 inch Stainless steel multi strand Flattened wire

گروه سوم

0/0175 stainless steel 6 – strand Coaxial wire (G&H Orthodontics, USA)

یک سیم شش رشته‌ای می‌باشد،که می‌تواند به مقدار بسیار زیاد، بدون اینکه دچار تغییر شکل دایمی شود، خم شود و نیروی ملایم و ثابتی را برای لولینگ ایجاد میکند و هنگامی که برش داده می‌شود از هم باز نمی‌گردد (شکل ۳).

شکل ۳– 0/0175 stainless steel 6 –strand Coaxial wire

اندازه گیری استحکام خمشی

به منظور اندازه گیری استحکام باند خمشی، ابتدا بر روی یک سطح بلوک‌های مکعبی پلی اتیلنی با ابعاد ۲ سانتی متر، حفره‌ای به ابعاد مشخص ۴ در ۶ و به عمق ۶ میلی متر با استفاده از فرز ایجاد شد. در وسط حفره شیاری راهنما برای مانت راحت‌تر سیم کشیده شد و نقطه میانی این شیار با مداد مشخص شد. قطعاتی به طول ۸ میلی متر از سیم‌های مورد مطالعه برش داده شد و نقطه میانی آن با استفاده از یک نشانگر مشخص گردید و با کمک شیار راهنما و چسب سیانوآکریلات (Mxbon Super Glue; Cartell Chemical Co., Taiwan) (به مقدار یک قطره در هر طرف) بر روی بلوک مانت شد، به طوری که نقطه وسط سیم و نقطه میانی شیار در یک راستا قرار گرفت (۱۵،۱۶). از یک چیزل custom-made با نوک بسیار باریک برای اعمال نیروی خمشی توسط universal testing machine

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

(koopa pazhoohesh/sari, Iran) عمود بر نقطه میانی سیم که از قبل علامت گذاری شده بود با سرعت ۱ میلی متر بر دقیقه استفاده شد (۲۳) و حداکثر استحکام خمشی قابل تحمل نگهدارنده قبل از شکست از روی منحنی استرس- استرین ثبت گردید (شکل ۴).

شکل ۴- اندازه گیری استحکام خمشی

اندازه گیری خمش

میزان خمش سیم نیز بر اساس اختلاف میزان استرین سیم از لحظه اعمال استرس بر آن تا لحظه شکست از روی محور استرین منحنی به میلی متر ثبت شد.

اندازه گیری استحکام کششی

برای اندازه گیری استحکام کششی قطعات ۸ میلی متری از سیم که با کاتر جدا شده بودند با کمک چسب سیانوآکریلات در دستگاه تست یونیورسال به دو قسمت فک بالا و پایین مانت شد و نیروی کششی با سرعت کراس هد ۱ میلی متر بر دقیقه تا پاره شدن سیم اعمال و حداکثر استحکام کششی ثبت شد (شکل ۵).

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. جهت مقایسه استحکام باند کششی، خمشی و میزان خمش نگهدارنده‌های ساخته شده از سیم‌های مختلف، از آزمون ANOVA دو طرفه و آزمون تعقیبی مقایسه چندگانه به روش Tukey استفاده شد. سطح معنی داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

شکل ۵- نحوه اندازه گیری استحکام کششی

یافته‌ها

مطابق جدول ۱ میانگین استحکام خمشی سیم twisted برابر ۷۲۵ /۹۱±۷۵/۵۸ مگاپاسگال ومیانگین استحکام خمشی سیم Flat برابر ۸۲۲/۸۶±۱۳۶/۰۷ مگاپاسگال و استحکام خمشی سیم Coaxial برابر ۶۷۳/۶۵±۷۳/۳۴ مگاپاسگال بود. بیشترین میزان استحکام خمشی در سیم ریتینر Flat و کمترین میزان استحکام خمشی مربوط به سیم ریتینر Coaxial بود. اختلاف معنی داری بین سیم ریتینرهای مورد بررسی از نظر میزان استحکام خمشی مشاهده گردید (P=۰/۰۰۴). در مقایسه دو به دوی استحکام خمشی بین گرو ه‌های مورد مطالعه به روش Tukey در جدول ۲، تنها بین دو نگهدارنده Flat و Coaxial اختلاف آماری معنی دار دیده شد (P=۰/۰۰۴) و بین سایر گروه‌ها اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت (P>۰/۰۵).

مقادیر مربوط به خمش سیم‌ها در جدول ۱ آورده شده است، مطابق جدول خمش سیم Twisted برابر با ۲/۴۲±۰/۵۹ میلی متر، خمش سیم Flat برابر با ۴/۰۴±۰/۵۹ میلی متر و دفکشن سیم Coaxial برابر با ۲/۰۳±۰/۵۰ میلی متر بود. بیشترین میزان خمش در سیم ریتینر Flat و سپس Twisted و کمترین میزان خمش مربوط به سیم ریتینر Coaxial بود. بر اساس آزمون ANOVA اختلاف معنی داری بین گروه‌های مورد بررسی از نظر میزان خمش مشاهده گردید (P<۰/۰۰۱). در مقایسه دو به دوی خمش بین گروه‌های مورد مطالعه به روش Tukey در جدول ۲، بین میزان میانگین خمش دو سیم ریتینر Flat با Coaxial و

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

جدول ۱- مقادیر میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر و بازه اطمینان ۹۵٪ میانگین استحکام خمشی، خمش و استحکام کششی سیم‌های مورد مطالعه

	متغیر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	کران پایین	کران بالا	معنی داری
استحکام خمشی	Twisted	۵۴۷/۱۱	۸۴۸/۵۸	۷۲۵/۷۵	۹۱/۵۸	۶۶۷/۵۶	۷۸۳/۹۴	۰/۰۰۴
	Flat	۶۲۵/۲۷	۱۰۷۱/۹۰	۸۲۲/۸۶	۱۳۶/۰۷	۷۳۶/۴۱	۹۰۹/۳۲	
	Coaxial	۵۲۴/۷۸	۷۷۰/۴۲	۶۷۳/۶۵	۷۳/۳۴	۶۲۷/۰۴	۷۲۰/۲۵	
	کل	۵۲۴/۷۸	۱۰۷۱/۹۰	۷۴۰/۷۵	۱۱۸/۶۵	۷۰۰/۶۱	۷۸۰/۹۰	
خمش	Twisted	۱/۶۵	۳/۴۵	۲/۴۲	۰/۵۹	۲/۰۵	۲/۸۰	<۰/۰۰۱
	Flat	۳/۰۷	۴/۹۴	۴/۰۴	۰/۵۹	۳/۶۶	۴/۴۲	
	Coaxial	۱/۳۸	۳/۲۹	۲/۰۳	۰/۵۰	۱/۷۰	۲/۳۵	
	کل	۱/۳۸	۴/۹۴	۲/۸۳	۱/۰۴	۲/۴۸	۳/۱۸	
استحکام کششی	Twisted	۵۴۷/۱۱	۸۱۵/۰۸	۶۹۹/۷۰	۸۳/۴۶	۶۴۶/۶۷	۷۵۲/۷۳	<۰/۰۰۱
	Flat	۳۵۷/۳۰	۶۹۸/۳۶	۵۱۶/۹۹	۱۲۳/۰۲	۴۳۸/۸۳	۵۹۵/۱۶	
	Coaxial	۳۰۰/۴۶	۴۸۷/۲۳	۴۱۱/۴۴	۶۷/۳۴	۳۶۸/۶۵	۴۵۴/۲۳	
	کل	۳۰۰/۴۶	۸۱۵/۰۸	۵۴۲/۷۱	۱۵۱/۵۱	۴۹۱/۴۴	۵۹۳/۹۷	

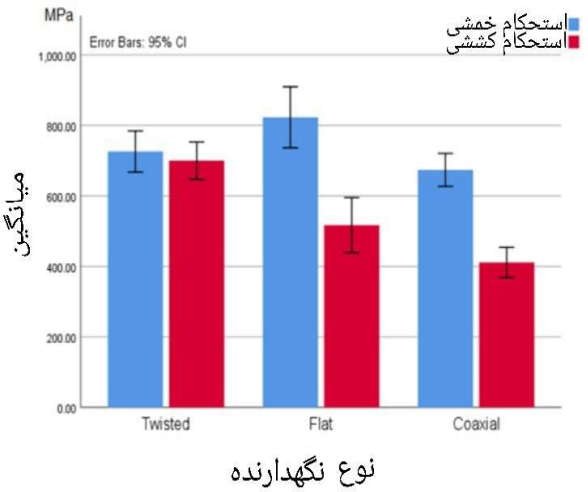
جدول ۲- نتایج مقایسه دو به دو میانگین استحکام خمشی، خمش و استحکام کششی سیم‌های مورد مطالعه

	گروه‌ها		کران پایین	کران بالا	معنی داری
استحکام خمشی	Twisted	Flat	−۲۰۱/۰۳	۶/۸۰	۰/۰۷۱
		Coaxial	−۵۱/۸۱	۱۵۶/۰۲	۰/۴۴۴
	Flat	Twisted	−۶/۸۰	۲۰۱/۰۳	۰/۰۷۱
		Coaxial	۴۵/۳۰	۲۵۳/۱۳	۰/۰۰۴
	Coaxial	Twisted	−۱۵۶/۰۲	۵۱/۸۱	۰/۴۴۴
		Flat	−۲۵۳/۱۳	−۴۵/۳۰	۰/۰۰۴
خمش	Twisted	Flat	−۲/۱۸	−۱/۰۴	۰/۰۰۰
		Coaxial	−۰/۱۷	۰/۹۶	۰/۲۲۲
	Flat	Twisted	۱/۰۴	۲/۱۸	۰/۰۰۰
		Coaxial	۱/۴۴	۲/۵۷	۰/۰۰۰
	Coaxial	Twisted	−۰/۹۶	۰/۱۷	۰/۲۲۲
		Flat	−۲/۵۷	−۱/۴۴	۰/۰۰۰
استحکام کششی	Twisted	Flat	۸۸/۳۱	۲۷۷/۰۹	۰/۰۰۰
		Coaxial	۱۹۳/۸۶	۳۸۲/۶۵	۰/۰۰۰
	Flat	Twisted	−۲۷۷/۰۹	−۸۸/۳۱	۰/۰۰۰
		Coaxial	۱۱/۱۶	۱۹۹/۹۴	۰/۰۲۶
	Coaxial	Twisted	−۳۸۲/۶۵	−۱۹۳/۸۶	۰/۰۰۰
		Flat	−۱۹۹/۹۴	−۱۱/۱۶۵۳	۰/۰۲۶

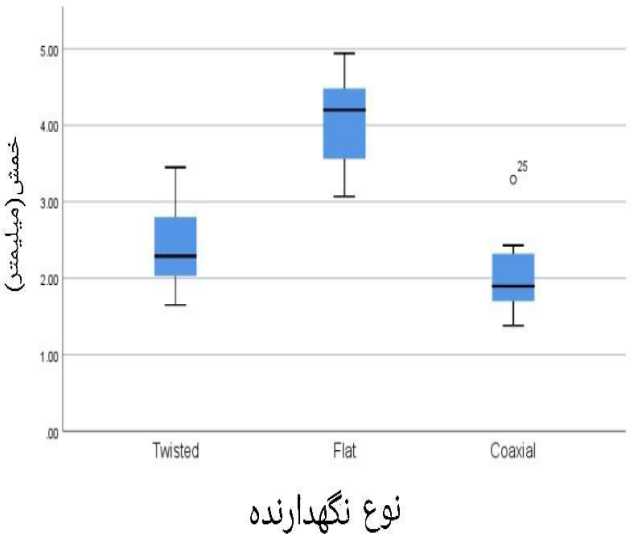
[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

Twisted اختلاف آماری معنی داری مشاهده شد، به طوری که در نگهدارنده Flat به طور معنی داری بیشتر از دو گروه دیگر بود (P<۰/۰۰۱). بین میانگین خمش سیم ریتینر Coaxial و Twisted اختلاف آماری معنی داری مشاهده نشد (P=۰/۲۲۲).

مقادیر استحکام کششی سیم‌ها در جدول ۱ آورده شده است، مطابق این جدول استحکام کششی سیم Twisted برابر با ۸۳/۴۶±۶۹۹/۷۰ مگاپاسگال، استحکام کششی سیم Flat برابر با ۱۲۳/۰۲±۵۱۶/۹۹ مگاپاسگال و استحکام کششی سیم Coaxial برابر ۶۷/۳۴±۴۱۱/۴۴ مگاپاسگال بود. بیشترین میزان استحکام کششی در سیم ریتینر Twisted و کمترین میزان استحکام کششی مربوط به سیم ریتینر Coaxial بود. بر اساس آزمون ANOVA اختلاف آماری معنی داری بین میانگین استحکام کششی سیم ریتینرهای مورد بررسی مشاهده گردید (P<۰/۰۰۱). در مقایسه دو به دوی استحکام کششی بین سیم ریتینرهای مورد مطالعه به روش Tukey در جدول ۲، اختلاف آماری معنی دار بین دو نگهدارنده Twisted با Flat (P<۰/۰۰۱) وCoaxial (P<۰/۰۰۱) و بین دو نگهدارنده Flat با Coaxial (P=۰/۰۲۶) مشاهده شد. طوری که استحکام کششی در نگهدارنده Twisted به طور معنی داری بیشتر از گروه‌های Flat و Coaxial بود (نمودارهای ۱ و ۲).



نمودار ۱- مقایسه میانگین استحکام کششی و خمشی بین گروه‌های سیم ریتینر مورد بررسی



نمودار ۲- میانگین خمش بین گروه‌های سیم ریتینر مورد بررسی

بحث و نتیجه گیری

استفاده از نگهدارنده بعد از درمان ارتودنسی نقش حیاتی دارد و ضروری است، مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی برای جلوگیری از بازگشت درمان نگهدارنده‌های مورد استفاده از اهمیت بالایی برخودار است. از آنجایی که انعطاف پذیری، استحکام و میزان خمش نگهدارنده‌های مورد استفاده در مطالعات (۱۷،۱۸) از جمله ویژگی‌هایی است که در سیم‌های مورد استفاده به عنوان نگهدارنده باید مورد بررسی قرار گیرد، در مطالعه حاضر به بررسی استحکام خمشی، کششی و خمش سه نوع نگهدارنده ثابت لینگوالی پرداخته شد.

هرچه خمش و استحکام خمشی بیشتر باشد، در نیروهای مضغی بالا، سیم ریتینر کمتر دچار شکست می‌شود و یا هر چه قدر استحکام کششی بالاتر در جویدن مواد غذایی چسبناک، سیم ریتینر کمتر دچار دباندینگ می‌شود (۲۲).

در براساس مطالعه حاضر بیشترین میزان استحکام خمشی و خمش مربوط به سیم ریتینر Flat بود. ولی میزان استحکام کششی در سیم ریتینر Twisted بیشتر از سایر سیم‌ها بود. همچنین کمترین میزان استحکام خمشی، کششی و خمش مربوط به سیم ریتینر Coaxial بود. بر این اساس می‌توان سیم ریتینر Flat را به عنوان بهترین سیم ریتینر برای مقاومت در برابر میزان خمش (استحکام خمشی و خمش) و نیز

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

سیم ریتینر Twisted را به عنوان بهترین سیم از نظر استحکام کششی بیان نمود. بر اساس نظر محققان هیچ یک از سیم ریتینرهای لینگوالی تمامی ویژگی‌ها را در حد ایده‌آل یا مطلوب ندارند (۱۷،۱۸)، که با نتایج مطالعه حاضر همراستا می‌باشد. دلیل تفاوت بین خصوصیت‌های فیزیکی بین سیم ریتینرهای مورد بررسی می‌تواند به دلیل تعداد لایه‌ها و رشته‌های در هم تنیده شده آن‌ها باشد. در مطالعه‌ای که توسط Golshah و Asadian (۲۲) انجام شد تعداد رشته سیم ریتینر به عنوان عامل اصلی در استحکام باند کششی و خمشی و میزان خمش بیان شد. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که سیم‌های سه رشته‌ای و Retanium احتمالاً بهتر از سایر سیم‌ها می‌توانند نیروهای داخل دهانی را تحمل کنند. این سیم‌ها به دلیل مقادیر بالاتر استحکام کششی و خمشی مقاومت بیشتری به فرکچر دارند. در مطالعه حاضر سیم ریتینر Coaxial، شش رشته‌ای و سیم ریتینرهای Flat و Twisted به صورت سه رشته‌ای بودند، لذا علت تفاوت در میزان استحکام باند کششی و خمشی در سیم ریتینرهای مورد بررسی می‌تواند به دلیل تعداد رشته‌ها باشد، یعنی هر چقدر تعداد رشته‌ها بالاتر باشد خصوصیات فیزیکی ضعیف‌تر است. Nagani و همکاران (۲۴) نیز در مطالعه خود بیان کردند که سیم‌های استیل چندرشته‌ای به دلیل میزان شکست کمتر در محیط دهان، گزینه بهتری برای نگهدارنده‌های لینگوالی هستند، ولی بین سیم‌های ۳ و ۵ رشته‌ای اختلاف معنی داری مشاهده نکردند. Baysal و همکاران (۱۶) استفاده از نگهدارنده‌های ۵ رشته‌ای کوآگزیال برای ریتنشن ثابت لینگوالی پیشنهاد کردند.

ولی در تقابل با نتایج مطالعه حاضر می‌توان به مطالعه Zachrisson (۲۵) اشاره کرد که بیان کردند سیم‌های ۵ رشته‌ای نتایج بهتری در دوره‌های درمانی دارند. البته تمرکز ایشان بر میزان استحکام شکست در نگهدارنده‌های مختلف بود. از طرفی Radlanski و Zain (۲۶) تفاوتی در استحکام کششی و خمشی سیم ریتینرهای لینگوالی کواکسیال چند رشته‌ای و تک رشته ای مشاهده نکردند. در مطالعه Kartal و همکاران (۲۷) نیز به بررسی ماندگاری دو نگهدارنده لینگوالی سفارشی و سیم پنج رشته‌ای در یک دوره ۶ ماه پس از درمان پرداختند و نتیجه گرفتند که تفاوتی بین گروه‌های مورد بررسی از نظر خصوصیات مکانیکی و میزان شکست وجود ندارد. Samson و همکاران (۱۸) در مطالعه خود بیان کردند که میزان استحکام شکست در سیم‌های ۳ رشته‌ای و ۵ رشته‌ای تفاوت معنی داری با هم ندارد و به دلیل میزان استحکام کششی و خمشی بیشتر در سیم‌های ۳ رشته‌ای نسبت به ۵ و ۶ رشته‌ای، بهتر است در درمان ارتودنسی از سیم ریتینرهای ۳ رشته‌ای استفاده شود. در مطالعه‌ای که توسط Kilinç و Sayar (۲۸) انجام شد سه سیم ریتینر ۳، ۵ و ۶ رشته‌ای مورد بررسی قرار داده شد و نتیجه گرفتند که استحکام باند برشی بین سه سیم ریتینر تفاوتی نداشت.

اختلاف بین نتایج مطالعات مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع نیروهای اعمال شده بر نگهدارنده‌ها، نوع سیم‌های مورد بررسی و شرایط آزمایش و روش اندازه گیری باشد. همچنین روش‌های مختلف بررسی بالینی یا آزمایشگاهی، نوع نمونه‌های آزمایشگاهی شامل دندان‌های حیوانی یا دندان‌های کشیده شده انسان و همچنین موقعیت دندان‌های مورد بررسی در مطالعات شامل، قدامی، قدامی- خلفی و خلفی نیز می‌تواند عامل موثری در تفاوت نتایج بین میزان استحکام و خمش در بررسی‌های انجام شده باشد.

Baysal و همکاران (۱۶) در مطالعه خود دندان‌های قدامی خلفی را بررسی نمودند. در برخی از مطالعات بیان شد که استفاده از دندان‌های قدامی به دلیل تفاوت در ساختار دندان می‌تواند تفاوت‌های عمده‌ای از نظر میزان استحکام و دیفلکشن نگهدارنده‌ها نسبت به دندان‌های خلفی داشته باشد داشته باشد (۲۶،۲۹). Reicheneder و همکاران (۳۰) در مطالعه خود از نمونه‌های دندان گاو استفاده کردند. Aldrees و همکاران (۳۱) نیز در مطالعه خود از دندان‌های پرمولر انسان تازه کشیده شده استفاده کردند، اما بیان کردند که نتایج این مطالعه نمی‌تواند از نظر بالینی مورد استفاده قرار گیرد و علت آن را تفاوت‌های موجود بین محیط آزمایشگاه نسبت به محیط دهان بیان نمودند.

عامل دیگر در ثبات نگهدارنده‌های بکار رفته در ارتودنسی ثابت لینگوالی که در مطالعات متعدد به آن اشاره شده است، می‌تواند به دلیل تفاوت در اچینگ و نوع باند مورد استفاده برای اتصال به دندان باشد (۱۵،۳۰،۳۲،۳۳). اگرچه در مطالعه حاضر نمونه‌ها با چسب سیانوآکریلات بر روی بلوک‌های پلی اتیلنی مانت شده بودند و نوع باند در اتصال به دندان مد نظر نبود و مورد بررسی قرار نگرفت.

بر اساس یک نتیجه گیری کلی نمی‌توان یک سیم ریتینر را که تمام خصوصیات فیزیکی مطلوب را با هم داشته باشد معرفی کرد. از آنجایی که مدت زمان استفاده از نگهدارنده‌های ثابت لینگوالی طولانی است،

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

سیم‌های مورد استفاده می‌بایست استحکام کششی، خمشی و خمش مناسب داشته باشند. از طرفی میزان استحکام محاسبه شده در شرایط آزمایشگاهی می‌تواند تفاوت‌های عمده‌ای با شرایط بالینی به علت فیزیولوژی دندان‌ها و حرکات دندانی داشته باشد. لذا با وجود بررسی‌های آزمایشگاهی برروی نمونه‌های مختلف، بازهم به منظور حصول نتیجه در خصوص بهترین عملکرد نگهدارنده‌ها، بررسی‌های بالینی بیشتر مورد نیاز است.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر بهترین استحکام خمشی و خمش مربوط به سیم ریتینر Flat و بالاترین استحکام کششی برای سیم ریتینر Twisted ثبت شد. به طور کلی میزان استحکام خمشی، خمش و استحکام کششی در سیم‌های ریتنر ۳ رشته‌ای Twisted و Flat به مراتب بهتر از سیم ریتینر ۶ رشته‌ای Coaxial بود.

هرچه استحکام خمشی و میزان خمیدگی سیم ریتینر بیشتر باشد، در نیروهای مضغی بالا، سیم ریتینر کمتر دچار شکست می‌شود و یا هرچه قدر استحکام کششی بالاتر در جویدن مواد غذایی چسبناک، سیم ریتینر کمتر دچار دباندینگ می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه دانشجویی دانشکده دندانپزشکی بابل به شماره ۲۷۳ ت می‌باشد.

References:

1- Lewy S, Albert A, Bruwier A. Shape of dental arches after self-ligating appliance in adolescents: A 30-week prospective study. 2022.

2- Fleming PS. Mechanical and behavioral approaches to orthodontic retention: A best-evidence review. AJO-DO Clinical Companion. 2021;1(2):113-8.

3- Abdulraheem S, Schütz-Fransson U, Bjerklin K. Teeth movement 12 years after orthodontic treatment with and without retainer: relapse or usual changes? Eur J Orthod. 2020;42(1): 52-9.

4- Bishara SE, Treder JE, Damon P, Olsen M. Changes in the dental arches and dentition between 25 and 45 years of age. Angle Orthod. 1996;66(6):417-22.

5- Nanda RS, Nanda SK. Considerations of dentofacial growth in long-term retention and stability: is active retention needed? Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1992;101(4):297-302.

6- Booth FA, Edelman JM, Proffit WR. Twenty-year follow-up of patients with permanently bonded mandibular canine-to-canine retainers. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008;133(1):70-6.

7- Inchingolo F, Inchingolo AM, Ceci S, Carpentiere V, Garibaldi M, Riccaldo L, et al. Orthodontic Relapse after Fixed or Removable Retention Devices: A Systematic Review. Appl Sci. 2023;13(20):11442.

8- Padmos JA, Fudalej PS, Renkema AM. Epidemiologic study of orthodontic retention procedures. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2018;153(4):496-504.

9- Lai CS, Grossen JM, Renkema A-M, Bronkhorst E, Fudalej PS, Katsaros C. Orthodontic retention procedures in Switzerland. Swiss Dent J. 2014;124(6):655-61.

10- Pratt MC, Kluemper GT, Hartsfield Jr JK, Fardo D, Nash DA. Evaluation of retention protocols among members of the American Association of Orthodontists in the United States. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2011;140(4):520-6.

11- Renkema AM, Hélène Sips ET, Bronkhorst E, Kuijpers-Jagtman AM. A survey on orthodontic retention procedures in The Netherlands. Eur J Orthod. 2009;31(4):432-7.

12- Littlewood S. Responsibilities and retention. APOS Trends in Orthodontics. 2017;7(5):211-4.

13- Kučera J, Marek I. Unexpected complications associated with mandibular fixed retainers: a retrospective study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2016;149(2):202-11.

14- Tee SHM, Shahid S, Al-Moghrabi D, Fleming PS. An assessment of the impact of adhesive coverage and wire type on fixed retainer failures and force propagation along two types of orthodontic retainer wires: an in vitro study. Angle Orthod. 2023;93(6):712-20.

15- Cooke ME, Sherriff M. Debonding force and deformation of two multi-stranded lingual retainer wires bonded to incisor enamel: an in vitro study. Eur J Orthod. 2010;32(6):741-6.

16- Baysal A, Uysal T, Gul N, Alan MB, Ramoglu SI. Comparison of three different orthodontic wires for bonded lingual retainer fabrication. Korean J Orthod. 2012;42(1):39-46.

17- Lucchese A, Manuelli M, Ciuffreda C, Albertini P, Gherlone E, Perillo L. Comparison between fiber-reinforced polymers and stainless steel orthodontic retainers. Korean J Orthod. 2018;48(2):107-12.

18- Samson RS, Varghese E, Uma E, Chandrappa PR. Evaluation of Bond Strength and Load Deflection Rate of Multi-stranded Fixed Retainer Wires: An In-Vitro Study. Contemp Clin Dent. 2018;9(1):10-4.

19- ElSorogy M, Hanafy S, Yousry T, Zaher A. Comparative evaluation of failure of three different aged orthodontic bonded retainers related to vertical load: in vitro study. Egyptian Orthod J. 2019;56:39-50.

20- Scribante A, Gallo S, Turcato B, Trovati F, Gandini P, Sfondrini MF. Fear of the relapse: effect of composite type on adhesion efficacy of upper and lower orthodontic fixed retainers: in vitro investigation and randomized clinical trial. Polymers. 2020;12(4):963.

21- Bearn DR, McCabe JF, Gordon PH, Aird JC. Bonded orthodontic retainers: the wire-composite interface. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997;111(1):67-74.

22- Golshah A, Feyli SA. Bond strength and deflection of four

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]

types of bonded lingual retainers. Int J Dent. 2022;2022.

23- Vicente A, Toledano M, Bravo LA, Romeo García A, Higuera Bdl, Osorio R. Effect of water contamination on the shear bond strength of five orthodontic adhesives. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2010;15(5):820-6.

24- Nagani NI, Ahmed I, Tanveer F, Khursheed HM, Farooqui WA. Clinical comparison of bond failure rate between two types of mandibular canine-canine bonded orthodontic retainers-a randomized clinical trial. BMC Oral Health. 2020;20(1):180.

25- Zachrisson BU. Multistranded wire bonded retainers: from start to success. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2015;148(5):724-7.

26- Radlanski RJ, Zain ND. Stability of the bonded lingual wire retainer-a study of the initial bond strength. J Orofac Orthop. 2004;65(4):321-35.

27- Kartal Y, Kaya B, Polat-Özsoy Ö. Comparative evaluation of periodontal effects and survival rates of Memotain and five-stranded bonded retainers: A prospective short-term study. J Orofac Orthop. 2021;82(1):32-41.

28- Kilinç DD, Sayar G. The effect of prior sandblasting of the wire on the shear bond strength of two different types of lingual retainers. Int Orthod. 2018;16(2):294-303.

29- Aksakalli S, Corekci B, Irgin C, Ozturk B, Malkoc S. Bond strength of aged lingual retainers. J Orthod Res. 2016;4(1):13-7.

30- Reicheneder C, Hofrichter B, Faltermeier A, Proff P, Lippold C, Kirschneck C. Shear bond strength of different retainer wires and bonding adhesives in consideration of the pretreatment process. Head Face Med. 2014;10:51.

31- Aldrees AM, Al-Mutairi TK, Hakami ZW, Al-Malki MM. Bonded orthodontic retainers: a comparison of initial bond strength of different wire-and-composite combinations. J Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopadie. 2010;71(4):290-9.

32- Veli I, Akin M, Kucukyilmaz E, Uysal T. Shear bond strength of a self-adhering flowable composite when used for lingual retainer bonding. J Orofac Orthop. 2014;75(5):374-83.

33- Annousaki O, Zinelis S, Eliades G, Eliades T. Comparative analysis of the mechanical properties of fiber and stainless steel multistranded wires used for lingual fixed retention. Dent Mater. 2017;33(5):e205-e11.

[Downloaded from jdm.tums.ac.ir on 2026-04-27]