

## ارزیابی و مقایسه رفتار سایشی آمالگام‌های دندانی

مهندس محمدحسین فتحی\* - دکتر وجیه السادات مرتضوی\*\*

\*عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان

\*\*استادیار دانشکده دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی اصفهان

**Title:** Evaluating and comparison between wear behavior of dental Amalgam

**Author:** Fathi MH. Ph.D. Student \*, Mortazavi V. Assistant Professor \*\*

**Address:** \*Mat. Eng. Dep., IUT \*

\*\*School of Dental Medicine, Isfahan University of Medical Sciences

**Abstract:** Wear characteristics of dental amalgams were investigated by in vivo and in vitro tests. Wear of dental amalgam was studied and evaluated using a three - body abrasion test and Pin-On-Disk method. Porcelain was used for preparing disk and materials such as toothpaste, artificial saliva and naturally saliva were used as the third material that was contributed in tribologic system

The results showed that effects of various toothpastes on the wear of dental amalgam are considerably different and size, shape and chemical composition of amalgam are important too

**Key words:** wear- Three bodies wear - Dental materials- Artificial saliva

*Journal of Dentistry. Tehran University of Medical Sciences, Vol.12, No.1, 1999*

### چکیده

در این مطالعه میزان سایش مواد ترمیمی دندانی چون آمالگام دندانی در آزمونهای کلینیکی و آزمایشگاهی ارزیابی شد. در بخشی از پژوهش که نتایج آن در مقاله حاضر ارائه شده است، مقدار سایش ۴ نوع آمالگام دندانی تولید داخلی و خارجی در آزمون سایش سه جسمی با روش میله بر روی صفحه اندازه‌گیری شد. از چینی برای ساخت صفحه استفاده گردید و موادی چون خمیر دندان، بزاق مصنوعی و بزاق طبیعی به عنوان جسم سوم شرکت کننده در سیستم تریبولوژیکی ایجاد شده، به کار برده شد. چند نوع خمیر دندان تولید داخلی و خارجی انتخاب گردید و در آزمون سایش سه جسمی آمالگام-خمیر دندان - چینی استفاده شد. نتایج حاصل ضمن آن که نشانگر تأثیر اساسی و شگرف نوع خمیر دندان بر مقدار سایش ایجاد شده در ماده ترمیمی بود، مؤید آن است که شکل ذرات پودر آلیاژ اولیه آمالگام، ترکیب و خواص آمالگام بر مقاومت سایشی آن تأثیر دارد.

واژه‌های کلیدی: سایش- آزمون سایش سه جسمی- مواد دندانی- آمالگام دندانی- خمیر دندان- بزاق مصنوعی

مجله دندانپزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی تهران- دوره ۱۲ شماره اول سال ۱۳۷۸

### مقدمه

مکانیزم‌های مختلفی مثل سایش چسبنده (Adhesive wear)، سایش خراشان (Abrasive wear)، سایش فرساینده (Erosive wear)، سایش ضربه‌ای (Impact wear)، سایش خورنده (Corrosive wear) و خستگی سطحی (Surface fatigue) پدید آید (۱، ۲).

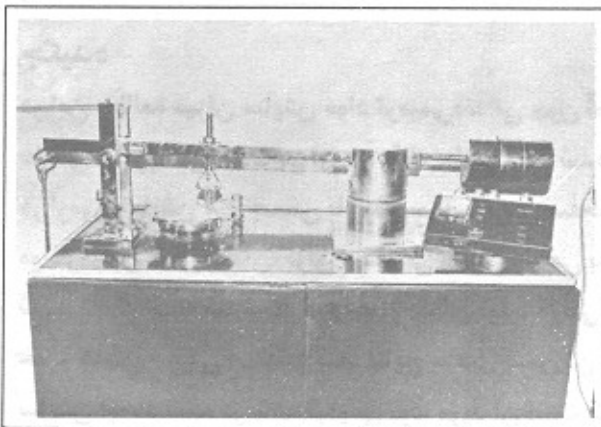
سایش چسبنده هنگامی که ماده‌ای جامد بر روی سطح ماده جامد دیگری می‌لغزد یا بر روی آن فشار داده می‌شود، پدید می‌آید و سبب می‌شود ذرات ریز بر اثر مالش کننده و جا به جا گردند.

هنگامی که دو جسم در تماس بر اثر اعمال بار، نسبت به هم حرکت نسبی پیدا کنند و لغزش (Sliding) یا سریدن (Slipping) را پذیرا شوند، پدیده سایش ظاهر می‌گردد. سایش در حقیقت اتلاف فزاینده ماده از سطح یک جسم توسط عمل مکانیکی است و می‌تواند هر جا که حرکت نسبی وجود دارد، پدید آید (۱). سایش یکی از مهمترین عوامل استهلاک دندان و مواد دندانی و پدیده‌ای معمول در دندانپزشکی است. سایش در دهان می‌تواند توسط

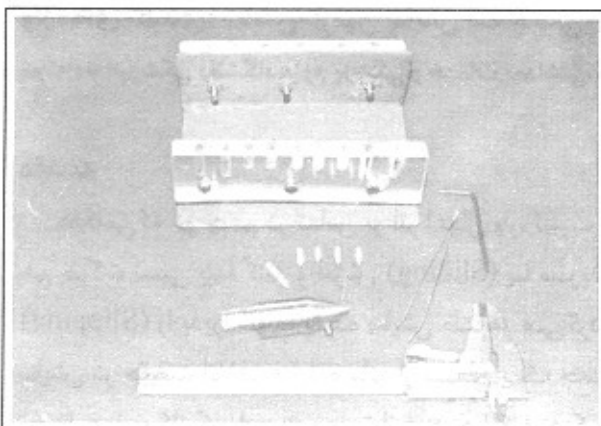
بهداشت دهان (Oral hygiene)، عادات شخصی، وضعیت و شرایط مسواک‌زدن و خمیر دندان مصرفی می‌تواند منجر به شدت یافتن سایش شود و خمیر دندان به عنوان ماده مصرفی روزمره در دهان می‌تواند در ایجاد سایش نامطلوب تأثیر بسزایی داشته باشد (۷).

### مواد و روشها

برای بررسی تأثیر عوامل مؤثر بر سایش مواد دندانی، اجرای آزمون آزمایشگاهی (In vitro test) سایش سه جسمی به روش میل-به-روی صفحه (Pin on disk) انتخاب شد (تصویر شماره ۱)؛ نمونه‌هایی از چهار نوع آمالگام دندانی تولید داخلی و خارجی در قالبهایی از جنس پلکسی گلاس تهیه گردید (تصویر شماره ۲).



تصویر شماره ۱- دستگاه اندازه‌گیری سایش با روش میل به روی صفحه



تصویر شماره ۲- قالب تهیه نمونه‌های آمالگام، فیکسچر نگهداری نمونه و نمونه‌های تهیه شده

جدول شماره ۱ ترکیب شیمیایی، شکل ذرات پودر اولیه آمالگام‌ها و محل تولید محصول و جدول شماره ۲ نیز

سایش خراشان یا ساینده هنگامی پدید می‌آید که یک سطح خشن یا ذرات آزاد، سطح ماده نرم‌تری را خراش دهد و شیار ایجاد کند. سایش خراشان در ترمیم‌های کلاس ۳ و ۴ در دهان بیشتر توسط مسواک‌زدن با خمیر دندان ایجاد می‌شود؛ درحالی که ترمیم‌های سطحی چونده (Occlusal restrations) بطور عمده توسط فشار غذا بین ترمیم و سطح مقابل در خلال عمل جویدن، سایش پیدا می‌کند. عوامل مهمی چون رشته یا موی مسواک، طبیعت ذرات ساینده در خمیر دندان، قدرت و شدت و تواتر عمل مسواک‌زدن بر میزان سایش خراشان تأثیر دارند (۴-۱).

سایش فرساینده بر اثر برخورد ذرات جامد یا مایع به سطح ماده ایجاد می‌شود. دو نوع فرسایش در دندانپزشکی تحت عنوان فرسایش آدیوپاتیک (Idiopathic erosion) و فرسایش شیمی-مکانیکی (Chemico mechanical) تشریح شده است. فرسایش شیمی-مکانیکی بر روی دندانها، ترمیم و سازه‌های دندانی در حضور اسیدها یا محلول‌های دیگر موجود در دهان که درجه اسیدی متفاوتی دارند، پدید می‌آید. سایش ضربه‌ای ناشی از ضربه‌های مکرر دو سطح جامد بر هم به وجود می‌آید.

سایش خورنده شکلی از سایش شیمیایی است که در نتیجه واکنش بین محیط و سطوح لغزشی پدید می‌آید و با مالش محصولات ادامه پیدا می‌کند (۵،۱).

شناخت پدیده سایش و عوامل مؤثر بر آن در دندانپزشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سویی عمر و دوام بافت دندان و ترمیم‌های انجام شده در دهان یکی از اهداف مهم دندانپزشکی محسوب می‌شود و از سویی پیشگیری از بروز بیماری و ضایعات در دهان و دندان مورد توجه است و سایش در این رابطه می‌تواند زیان قابل توجهی داشته باشد. با وجود آن که رزین کامپوزیت‌های دندانی مزایای زیادی دارند و در دهه‌های اخیر نقش مهمی در اجرای ترمیم‌های دندانی به دست آورده‌اند، اما سایش آنها، جدی‌ترین محدودیت فیزیکی است که دندانپزشک هنگام انتخاب و کاربرد این گونه مواد با آن روبه‌رو است (۳،۶). در این راستا شناسایی عواملی که بر تشدید سایش مواد دندانی و بافت دندان نقش دارند بسیار اهمیت دارد؛ عواملی مثل مقدار ساینده‌ی غذاهای مصرفی،

جدول شماره ۳ - مشخصات خمیر دندانهای مصرفی در آزمونها

علامت اختصاری خمیر دندان	تولید		گواهی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
	داخلی	خارجی	
P101	x		بدون مهر استاندارد
N101	x		دارای مهر استاندارد
P202	x		بدون مهر استاندارد
S101	x		دارای مهر استاندارد
D101	x		بدون مهر استاندارد
G101	x		دارای مهر استاندارد
K101	x		بدون مهر استاندارد
D202	x		دارای مهر استاندارد
K202	x		بدون مهر استاندارد
C101		x	دارای مهر استاندارد

اجرای آزمایش سایش سه جسمی مابین آمالگام دندان، خمیر دندان و چینی صورت گرفت و روش کار به صورت چرخشی بود. میله تحت بار مثبت و به صورت قائم بر روی صفحه قرار داشت و صفحه چینی با سرعت ثابت چرخش می‌کرد. بار اعمال شده هنگام آزمون معادل ۲۰ نیوتن بود. هر آزمون دو تا سه بار تکرار شد تا از صحت نتایج و امکان تکرار مجدد نتیجه، اطمینان حاصل شود.

در آغاز کار برای هر نوع آمالگام آزمون دو جسمی بین آمالگام و چینی اجرا شد و سپس در ادامه، آزمونی با افزودن بزاق مصنوعی به صورت سایش سه جسمی به انجام رسید تا نشان داده شود که حضور بزاق مصنوعی نقش روانکار در سیستم تریبولوژیکی را دارد و سایش را کاهش می‌دهد؛ پس از آن، آزمون سایش سه جسمی با استفاده از مخلوطی مرکب از ۵۰٪ خمیر دندان و ۵۰٪ بزاق مصنوعی به اجرا درآمد تا مشخص شود که حضور خمیر دندان به دلیل داشتن مواد ساینده به تنهایی سبب افزایش مقدار سایش در مقایسه با بزاق مصنوعی می‌گردد. برای هر نوع آمالگام دندان آزمونهایی با استفاده از مخلوط مساوی از بزاق مصنوعی و هر یک از انواع خمیر دندانها به انجام رسید و مقدار سایش بر اثر کاهش وزن هر نمونه آمالگام بر حسب مسافت طی شده، اندازه‌گیری شد. نمونه میله‌ای شکل آمالگام به صورت عمودی در تماس با صفحه چینی گردان قرار داشت؛ بنابراین مسافت طی شده که عبارت از طول فاصله تماس نمونه با صفحه چینی است با ضرب کردن محیط دایره تماس در تعداد دور طی شده محاسبه گردید.

آمالگاماتور مورد استفاده، زمان هاون کردن و نسبت بین جیوه و پودر آلیاژ را که براساس توصیه سازنده انتخاب گردیده است، نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱ - ترکیب شیمیایی و شکل ذرات پودر اولیه الیازهای آمالگام مورد آزمایش

الیاز آمالگام	درصد عناصر اصلی	شکل ذرات پودر اولیه	محصل	درصد عناصر اصلی		
				نقره	قلع	مس
A <sub>1</sub>	۴۵	تراشه‌ای	داخلی	۲۵	۳۰	
A <sub>2</sub>	درصد نقره بالا	کروی	داخلی			
A <sub>3</sub>	۴۰	کروی	خارجی	۳۰	۳۰	
A <sub>4</sub>	۵۳	تراشه‌ای	خارجی	۲۰	۲۷	

جدول شماره ۲ - مشخصات روش تهیه آمالگام‌های دندان مورد آزمایش

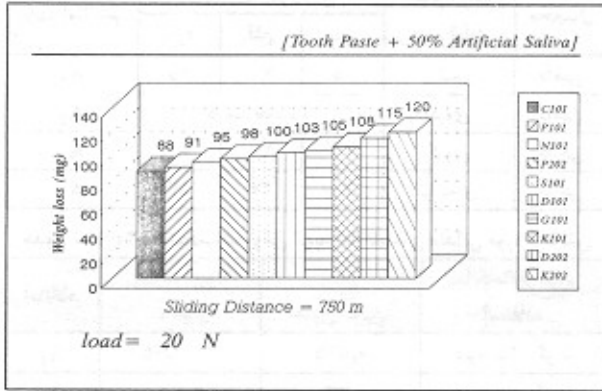
الیاز آمالگام	نسبت جیوه به آلیاژ	زمان هاون کردن	الیاز آمالگاماتور مورد استفاده
A <sub>1</sub>	۱/۰۵ به ۱	۳۵ ثانیه	دئومات ۳، دگوسا
A <sub>2</sub>	۱ به ۱	۳۰ ثانیه	دئومات ۳، دگوسا
A <sub>3</sub>	۱ به ۱	۳۰ ثانیه	دئومات ۳، دگوسا
A <sub>4</sub>	۱/۱ به ۱	۳۰ ثانیه	دئومات ۳، دگوسا

مخفظه هر قالب به شکل استوانه‌ای با قطر ۳/۵ میلی متر با نوک مخروطی شکل، طراحی شد تا کمترین آماده‌سازی بعدی مورد نیاز باشد. نمونه‌ها به مدت یک هفته در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و سپس به کمک ماشین تراش در یک طرف هر نمونه میله‌ای شکل، مخروطی با زاویه رأس ۶۰ درجه ایجاد گردید تا اندازه و شکل هندسی تمام نمونه‌ها یکسان باشد.

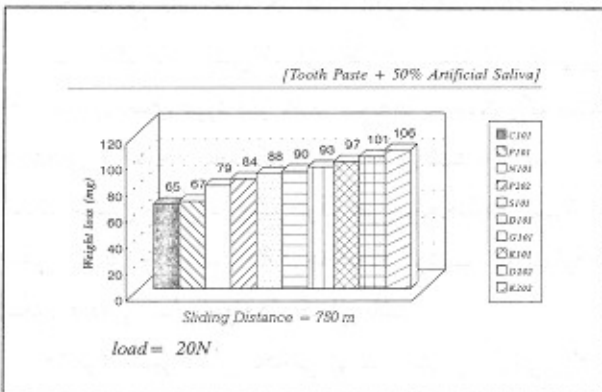
۱۰ نوع خمیر دندان تجارتي تولید داخلی و خارجی برای اجرای آزمون سایش سه جسمی انتخاب گردیدند. جدول شماره ۳ علامت اختصاص یافته به هر خمیر دندان و مشخصات آن را از نظر دارا بودن گواهی و مهر استاندارد مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نشان می‌دهد.

آزمون سایش با استفاده از دستگاه سایش به روش میله بر روی صفحه، انجام گرفت. از آنجا که چینی نزدیکترین خواص را از نظر سختی و مقاومت سایش به مینای دندان دارد (۹،۸)، برای ساخت و تهیه صفحه مصرفی در دستگاه سایش از چینی استفاده گردید. نمونه‌های آمالگام با شکل و اندازه‌های یکسان و به صورت میله‌هایی با نوک مخروطی شکل به کار رفت. برای نگهداری نمونه‌های میله‌ای از یک فیکسچر مناسب فولادی که طراحی و ساخته شد، استفاده گردید تا شرایط نمونه‌ها و عملیات همواره همانند باشد.

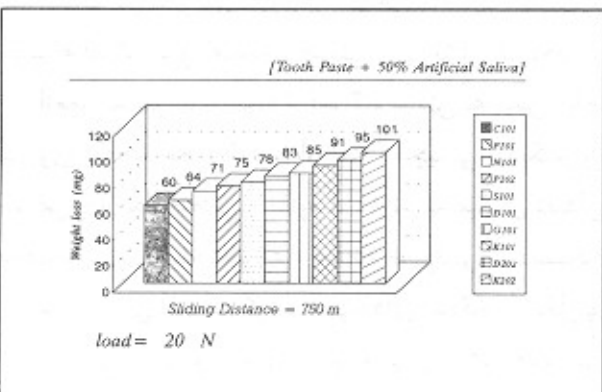
تصویر شماره ۵ مقدار کاهش وزن نمونه آمالگام  $A_1$  (مقدار سایش) در یک مسافت خاص (۷۵۰ متر طول) برای هریک از ۱۰ نوع خمیر دندان را نشان می‌دهد و تصاویر شماره ۶، ۷ و ۸ اطلاعات مشابهی را بترتیب برای آمالگام‌های  $A_2$ ،  $A_3$  و  $A_4$  ارائه کرده است.



تصویر شماره ۵- مقایسه مقدار سایش آمالگام تولید داخلی  $A_1$  در یک مسافت خاص طی اجرای آزمونهای سایش سه جسمی با چند نوع خمیر دندان



تصویر شماره ۶- مقایسه مقدار سایش آمالگام تولید داخلی  $A_2$  در یک مسافت خاص طی اجرای آزمونهای سایش سه جسمی با چند نوع خمیر دندان

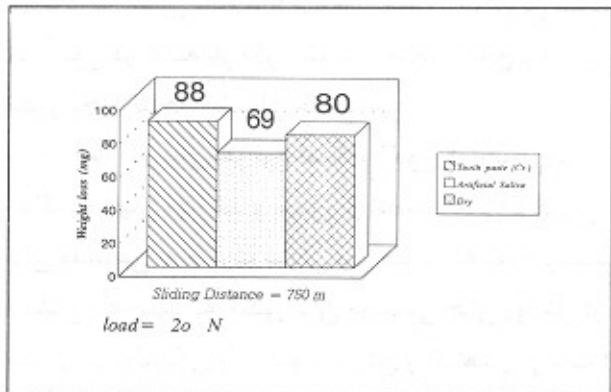


تصویر شماره ۷- مقایسه مقدار سایش آمالگام تولید خارجی  $A_3$  در یک مسافت خاص طی اجرای آزمونهای سایش سه جسمی با چند نوع خمیر دندان

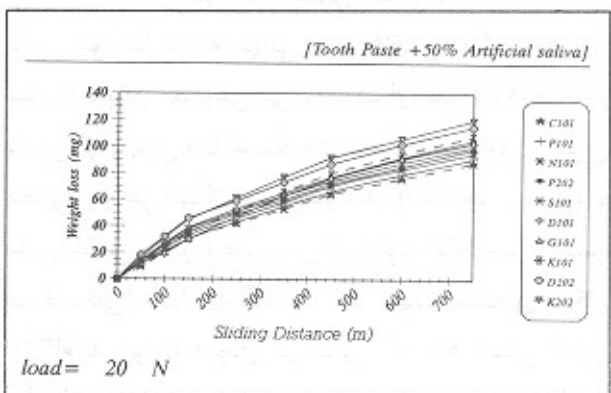
کاهش وزن نمونه در مسافتهای خاص اندازه‌گیری شد تا تغییرات کاهش وزن بر حسب مسافت طی شده به دست آید. درجه حرارت آزمایشگاه طی اجرای آزمونها ۱۸ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد و میزان رطوبت ۵۳ تا ۴۵٪ بود.

## یافته‌ها

مقدار کاهش وزن (میزان سایش پدید آمده) نمونه‌های آمالگام  $A_1$  در یک مسافت خاص در سه آزمون بدون استفاده از بزاق مصنوعی (خشک)، با استفاده از بزاق مصنوعی و با استفاده از مخلوط مساوی از بزاق مصنوعی و خمیر دندان در تصویر شماره ۳ مشاهده می‌شود. در تصویر شماره ۴ نمودار مقدار کاهش وزن نمونه‌های آمالگام  $A_1$  (مقدار سایش ایجادشده) بر حسب مسافت طی شده در آزمون سایش سه جسمی با مخلوطی مساوی از خمیر دندان و بزاق برای انواع خمیر دندانها دیده می‌شود.



تصویر شماره ۳- نمودار مقایسه مقدار سایش آمالگام تولید داخلی  $A_1$  در سه حالت خشک، همراه با خمیر دندان و همراه بزاق مصنوعی در تماس با چینی طی آزمون به روش میله بر روی صفحه



تصویر شماره ۴- نمودار کاهش وزن (مقدار سایش) آمالگام تولید داخلی  $A_1$  بر حسب مسافت طی شده (طول فاصله تماس) در آزمون سایش سه جسمی با استفاده از خمیر دندان

است؛ زیرا به همان نسبت که مقاومت به سایش رزین کامپوزیت در مقایسه با آمالگام دندان از حساسیت بیشتری برخوردار باشد (۱۲،۱۱،۱)، تأثیر عوامل مؤثر در ایجاد پدیده سایش نیز بیشتر خواهد شد.

نتایج نشان می‌دهد که مقدار سایش آمالگام دندان در آزمونهایی که با خمیر دندانهای مختلف اجرا شده است، متفاوت می‌باشد و به عبارت دیگر نوع خمیر دندان تأثیر قابل توجهی بر مقدار سایش پدید آمده دارد.

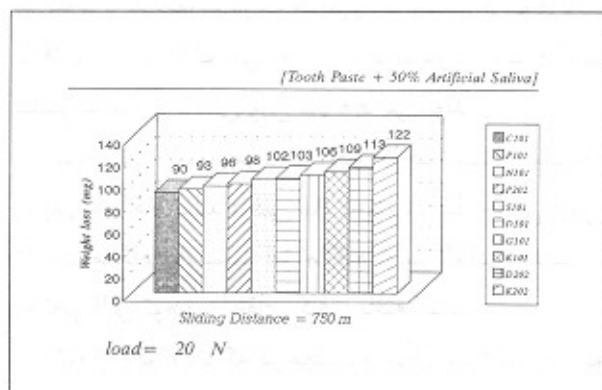
تأثیر مذکور چنان است که حتی مقدار سایش پدید آمده در یک نوع آمالگام با یک نوع خمیر دندان گاهی نزدیک به دو برابر مقدار سایش ایجاد شده با نوع دیگری از خمیر دندان می‌رسد. به عبارت دیگر، با تغییر نوع خمیر دندان، مقدار سایش آمالگام دندان در آزمون سایش سه جسمی آزمایشگاهی تغییر می‌کند و تفاوت در مقدار سایش پدید آمده در هر نمونه آمالگام جالب توجه است.

نکته اساسی مشهود این است که مقدار سایش ناشی از خمیر دندانهای تولید داخلی که تأیید و مهر استاندارد موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران را نداشتند بوضوح بیشتر از خمیر دندانهای استاندارد تولید داخلی بود؛ به گونه‌ای که مقدار سایش ایجاد شده توسط خمیر دندانهای بدون مهر استاندارد بسیار بیشتر از انواع دیگر خمیر دندانها بوده است.

اگر ده نوع خمیر دندان مورد استفاده برحسب تأثیر هر یک از آنها بر مقدار سایش هر نوع آمالگام دندان رده‌بندی شوند، ترتیب رده‌بندی آنها مشابه نتایجی است که قبل از این توسط نگارندگان با استفاده از چند خمیر دندان (بدون بزاق مصنوعی) به دست آمده است (۱۳،۷) و نشانگر آن است که تأثیر هر نوع خمیر دندان، مستقل از نوع ماده ترمیمی است و رقیق کردن آن با بزاق مصنوعی نیز اگرچه مقدار سایش را بطور کلی کاهش می‌دهد ولی رده بندی تأثیر خمیر دندانها را تغییر نمی‌دهد.

به نظر می‌رسد گذشته از ترکیب شیمیایی پودر اولیه آلیاژ آمالگام که بر خواص مکانیکی مثل استحکام و سختی نهایی آمالگام تهیه شده مؤثر است، شکل ذرات نیز تأثیر قابل توجهی بر مقاومت سایشی دارد.

اساساً آمالگام دندان تهیه شده را می‌توان همچون



تصویر شماره ۸- مقایسه مقدار سایش آمالگام تولید خارجی A<sub>4</sub> در یک مسافت خاص طی اجرای آزمونهای سایش سه جسمی با چند نوع خمیر دندان

## بحث و نتیجه گیری

رعایت و حفظ بهداشت دهان و دندان یکی از آموزشهای اصولی دندانپزشکی پیشگیری است تا از این راه به مقصد اصلی که پیشگیری از بروز بیماری و ضایعات در دهان و دندان است، دست یابد.

یکی از روشهای اساسی حفظ بهداشت دهان و دندان که همواره مورد تأکید قرار گرفته است، مسواک زدن با استفاده از خمیر دندان می‌باشد (۱۰،۴)؛ اگرچه در باره منافع و مزایای مسواک زدن با خمیر دندان مطالب بسیاری گفته شده است اما کمتر به زیانهای ناشی از استفاده غلط از این روش و یا مضرات مصرف مواد و خمیر دندان نامناسب پرداخته شده است.

استفاده از یک خمیر دندان نامناسب و غیراستاندارد می‌تواند موجب زبانی بیشتر از منافی که دندانپزشکی پیشگیری در نظر دارد، گردد؛ به عبارت دیگر مصرف خمیر دندان که شرایط و خصوصیات لازم و کافی را ندارد، گذشته از این که ممکن است نتیجه مثبتی را به همراه نداشته باشد، حتی می‌تواند سبب زیانهایی چون لطمه زدن با بافت دهان و دندان، ایجاد سایش تخریبی فزاینده در مواد ترمیمی دندان و بیماری و ناراحتی لثه گردد.

از طرف دیگر با توجه به بحث مهم دو دهه اخیر مبنی بر استفاده گسترده تر از رزین کامپوزیتها در ترمیمهای دندان و حساسیت آنها به پذیرش سایش و فرسایش (۳)، اهمیت استفاده از خمیر دندان مناسب، چشمگیرتر شده

می‌شوند و به صورت ذرات خارجی در سیستم تریبولوژیکی با افزایش اصطکاک طی وقوع پدیده سایش، سبب افزایش بیشتر سایش و کاهش وزن نمونه‌ها می‌شوند.

نتایج کلی نشان می‌دهد که اگرچه میزان مقاومت سایشی آمالگام تولید داخلی A<sub>1</sub> تحت شرایط اجرایی آزمون در حد آمالگام A<sub>3</sub> نیست اما آمالگام تولید داخلی جدید A<sub>2</sub> به نحو قابل توجهی ارتقای کیفی یافته است.

شایان ذکر است که در مجموع تأثیر نوع ماده سوم شرکت کننده در سیستم تریبولوژیکی تأثیر چشمگیری بر مقدار سایش دارد.

### قدردانی و سپاسگزاری

بدین وسیله از آقای مهندس منصور برونی، مهندس صولت اردستانی سامانی، خانم مهندس میترا محمدشیرازی و خانم مهندس هناء زیندپور که در اجرای پژوهش نگارندگان را یاری کردند، سپاسگزاری می‌شود.

کامپوزیتی دانست که ذرات اولیه باقیمانده که وارد واکنش با جیوه نشده، مثل ماده پرکننده‌ای (فیلر) است که در زمینه‌ای از فاز گامایک قرار دارد؛ پس شکل ذرات می‌تواند عامل قابل توجهی در مقدار سایش پدید آمده باشد.

نمی‌توان قاطعانه گفت که نتایج حاصل در مورد چهار نوع آمالگام متأثر از ترکیب شیمیایی یا شکل ذرات پودر اولیه است چرا که مجموعه‌ای از دو عامل مذکور و عوامل دیگر در این رابطه تأثیر دارند.

مقایسه رفتار سایشی آمالگام‌های تولید داخلی نشان می‌دهد که مقاومت سایشی آمالگام تهیه شده با پودر کروی (Spherical) در مقایسه با آمالگام تهیه شده از پودر تراش‌های (Lathe-cut) بیشتر است. این نتیجه با توجه به تأثیر کروی بودن ذرات پودر در پدیده و مکانیزم سایش، قابل قبول است.

با توجه به این که ذرات تراش‌های قابلیت بیشتری برای کنده شدن از سطح دارند با سهولت بیشتری از سطح کنده

### منابع:

- 1) فتحی، محمدحسین؛ مرتضوی، وجیه السادات؛ صالحی، مهدی. «رفتار سایشی مواد دندان» در اولین سمینار متالوژی سطح و تریبولوژی ایران، خلاصه مقالات: دانشگاه صنعتی اصفهان، ص ۲۲۷-۲۶۹ سال ۱۳۷۲
- 2) Sulong MZ, Abdul Aziz R. Wear of materials used in dentistry. J Prosthet Dent. 1990; 63: 342-9.
- 3) فتحی، محمدحسین؛ مرتضوی، وجیه السادات؛ صالحی، مهدی. «دوگانگی رفتار سایشی کامپوزیت‌های دندان در آزمونهای آزمایشگاهی و کلینیکی» در: اولین کنگره بین‌المللی انجمن دندانپزشکی ایران، خلاصه مقالات: تهران، ص ۷۵ سال ۱۳۷۳.
- 4) مرتضوی، وجیه السادات؛ فتحی، محمدحسین. مواد دندان ترمیمی. چاپ اول. اصفهان: نشر ارکان؛ ۱۳۷۱؛ ۲۷۶-۲۸۳.
- 5) فتحی، محمدحسین. مبانی علم مواد در دندانپزشکی. اصفهان: نشر ارکان؛ ۱۳۷۶.
- 6) Groeningen G, Van Arends J. In vivo abrasion of composites: A quantitative in vestigation. Quintessence Int 1981; 10: 1101-7.
- 7) فتحی، محمدحسین؛ مرتضوی، وجیه السادات. فرآورده‌های بهداشتی غیر استاندارد و پیامدهای آن. نشریه استاندارد و کالای ایرانی. ۱۳۷۵، سال هفتم شماره ۶۲، ص ۹-۱۴.
- 8) Wassel RW, Mc Cabe JF, Walls AW. A two- body frictional wear test. J Dent Res 1994; 73(9): 1546-53.
- 9) Jagger DC, Harrison A. An in vitro investigation into the wear effects of selected restorative materials on enamel. J Oral Rehabil 1995; 22(4): 275-81.
- 10) Murray J. The prevention of dental disease. 2<sup>nd</sup> ed. London: Oxford University Press; 1989.
- 11) Mair LH. Wear patterns in two Amalgams and three posteriors Composites after 5 years clinical service. J Dent 1995; 23(2): 107-12.
- 12) Freilich MA, et al. Three years occlusal wear of posterior Composite restorations. Dent Mater 1992; 8: 224-228.
- 13) فتحی، محمدحسین؛ مرتضوی، وجیه السادات. «سنجش میزان سایش مواد دندان با آزمون سایش سه جسمی» در: هشتمین کنفرانس مهندسی پزشکی ایران. مجموعه مقالات، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ص ۲۱۹-۲۲۷، سال ۱۳۷۵