

سینا مهرپویان، کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی، کارشناس مهندسی پزشکی\*  
\*شرکت مهندسی فراصوت صنعت

#### چکیده:

جلوگیری از انتقال میکروب‌ها از بیماری به بیمار دیگر یا از بیماران به کارکنان و مراجعان مراکز درمانی از طریق ابزارآلات و یا حتی ساده‌ترین تجهیزات پزشکی یکی از مهم‌ترین مسئولیت‌های متخصصان کنترل عفونت می‌باشد که با توجه به تنوع بالای تجهیزات و ابزارآلات مورد استفاده در صنایع پزشکی، همواره چالش بزرگی را پیش روی این قشر زحمتکش جامعه قرار داده است.

در همین راستا، سیستم‌های شستشو و ضدعفونی با کمک امواج التراسونیک که در اصطلاح التراسونیک کلینر نامیده می‌شوند، بدلیل تطابق بالا با تجهیزات مختلف، بسیار مورد توجه مراکز درمانی قرار دارند. هدف از ارائه این مقاله، معرفی دقیق‌تر و کامل‌تر سیستم‌های شستشو و ضدعفونی التراسونیک و بررسی میزان موفقیت این سیستم‌ها از طریق مقایسه نتیجه کشت میکروبی روی نمونه‌های برداشت شده از روی برخی تجهیزات پزشکی، قبل و بعد از شستشوی التراسونیک می‌باشد که در انتها موفقیت صددرصدی این سیستم‌ها روی تجهیزات غیرمتخلخل و موفقیت 97 درصدی برای تجهیزات متخلخل را نشان می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** شستشو، ضدعفونی، التراسونیک کلینر، شستشو با کمک امواج فراصوت،

ست‌شور التراسونیک



## 1- مقدمه:

با رشد علم پزشکی و پیشرفت روزافزون دانش بشر و استفاده از ابزارهای پیچیده پزشکی در تمامی سطوح درمان، نگرانی پزشکان و متخصصان کنترل عفونت روزبه‌روز جهت ایجاد محیطی پاکیزه و ایمن جهت مراجعان، بیماران و کادر درمانی افزایش یافته است.

با اینکه استفاده از بخار یکی از ساده‌ترین راه‌های استریلیزاسیون تجهیزات پزشکی بشمار می‌آید، وجود ابزارهای ظریف فیبراپتیک و پلاستیکی که به‌آسانی توسط حرارت آسیب می‌بینند و همچنین وجود شیارهای متعدد و سوراخ‌های کوچک روی این ابزارها که امکان سترون کردن آن‌ها را از طریق غوطه‌وری در مواد گندزدا، از بین برده است و با توجه به حجم زیادی از تجهیزات که مرتباً با بیماران، کارکنان و محیط‌های آلوده در تماس هستند، همواره نیاز به یک سیستم شستشوی سریع و آسان با قابلیت تطبیق بالا با ابزارآلات گوناگون و دقت بالای شستشو در مراکز درمانی احساس می‌شود.

با توجه به تمام این دلایل، در بیشتر دستورالعمل‌های شستشو و بازفرآوری ابزارآلات پزشکی، استفاده از انرژی فراصوت (التراسوند) از طریق بکارگیری دستگاه‌های شستشوی التراسونیک توصیه می‌گردد.

## 2- مکانیزم عملکرد سیستم‌های التراسونیک کلینر:

پاکسازی قطعات با کمک امواج فراصوت از سال 1950 که اولین سیستم‌های التراسونیک تجاری‌سازی شد، موردتوجه مراکز درمانی قرار گرفته است. [چیک، 2002]

مکانیزم عملکرد حمام‌های التراسونیک شامل یک ژنراتور الکتریکی به همراه چندین مبدل التراسونیک است که به بدنه یک مخزن ساخته شده از جنس استینلس استیل (Stainless steel) نصب می‌شوند. ژنراتور التراسونیک وظیفه تولید یک

سیگنال پیوسته را دارد که از طریق مبدل‌ها این سیگنال الکتریکی به ارتعاشات مکانیکی تبدیل شده و انرژی حاصل از این ارتعاشات به مایع درون مخزن منتقل می‌شود. درون مایع بر اثر این ارتعاشات مقدار زیادی حباب میکروسکوپی ایجاد می‌گردد که از انفجار پی‌درپی و سریع این حباب‌ها انرژی بالایی بین سطح قطعه و مایع تمیزکننده بوجود می‌آید که در اصطلاح علمی کاویتاسیون (Cavitation) نامیده می‌شود (شکل 1) [مهرپویان، 1393]. همچنین این پدیده علمی که اولین بار توسط ناود والیس در سال 1961 مشاهده شد، اذعان می‌دارد که انرژی حاصل از این انفجارها به‌طور معمول به سطوح مجاور در قطعه هدایت می‌گردد، بطوریکه انفجار سریع حباب‌های کاویتاسیون در زمانی کمتر از 2 میکروثانیه فشار شدیدی در حدود 102 مگا پاسکال و درجه حرارتی در حدود 3500 تا 8000 درجه کلوین ایجاد می‌کند. [فوجی کاما، 1981]

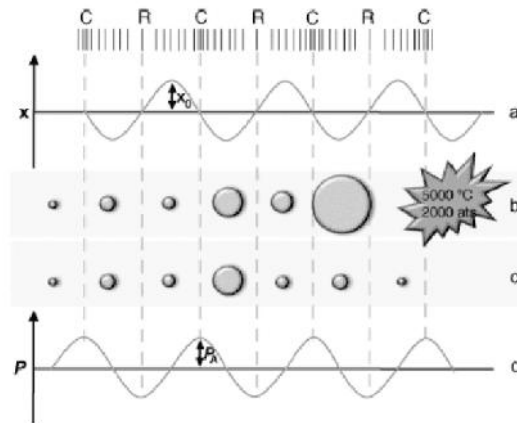


Fig. 1: Creation of stable and transient cavitation bubbles.  
(a) displacement, (b) transient cavitation, (c) stable cavitation, (d) pressure  
[adapted from Santos et al. 2009]

### شکل 1: عملکرد کاویتاسیون - تشکیل تا انفجار حباب

### 3- ویژگی‌های بارز سیستم‌های شستشو و ضد عفونی التراسونیک:

- ) کاهش زمان شستشو به میزان چشمگیر
- ) ضد عفونی کامل در مدت زمان 5 دقیقه
- ) کوتاه کردن زمان قرار گرفتن ابزارآلات در محلول‌های شستشو که در نتیجه خطر خوردگی، تیرگی و آسیب ابزارآلات را به حداقل می‌رساند.
- ) کاهش هزینه‌های شستشو از طریق کاهش چشمگیر مصرف محلول‌های پاک‌کننده و صرف جویی در مصرف آب و برق
- ) تمیز کردن آسان و سریع تمامی نقاطی که دسترسی به آن‌ها مشکل است مانند حفره‌ها و شیارهای روی ابزار بدون ایجاد آسیب مکانیکی در آن‌ها
- ) کاهش نیروی انسانی و بالا بردن امنیت شغلی پرسنلی واحدهای کنترل عفونت (CSR)

### 4- مقایسه التراسونیک کلینر با روش‌های سنتی شستشو و دستگاه‌های ست‌شور:

بارزترین تفاوت، هزینه بسیار پایین‌تر این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های ست‌شور سنتی است و مهم‌ترین تفاوت آن‌ها آنجا به چشم می‌خورد که درحالی‌که ست‌شورهای سنتی فقط با پاشش آب سعی در پاکسازی سطح ابزار دارند، امواج التراسوند در مدت زمان بسیار کوتاه در تمامی قسمت‌های ابزار نفوذ کرده و تمامی تجهیزات را با قدرت بالا به‌صورت کاملاً یکنواخت تمیز خواهد کرد.

کاهش زمان شستشوی التراسونیک در حدود 10 دقیقه به جای سیکل طولانی شستشوی ست‌شورهای سنتی، عدم‌نیاز به چیدمان خاص ابزارآلات در دستگاه‌های التراسونیک کلینر، مصرف کمتر محلول‌های ضدعفونی و نصب فوق‌العاده آسان به همراه کاربری ساده از دیگر تفاوت‌های عمده این تکنولوژی نوین با روش‌های سنتی است. [مهرپویان، 1392]

### 5- روش انتخاب یک سیستم شستشو و ضدعفونی التراسونیک مناسب:

جدا از قابلیت‌های متفاوت دستگاه‌ها، سایز ابزارآلات و تعداد آن‌ها مشخص‌کننده سایز حمام التراسونیک موردنیاز می‌باشد؛ البته برای جلوگیری از هزینه اضافه پیشنهاد می‌گردد پس از انتخاب سایز موردنیاز حمام التراسونیک، همواره یک سایز بزرگ‌تر را خرید نمایید تا آینده‌نگری لازم جهت ارتقاء شرایط کاری و زمان‌هایی که ترافیک ابزار مورد شستشو بالاست را نیز در نظر گرفته باشید. [بندلین]

### 6- روش کار:

روش کار در سیستم‌های التراسونیک به این صورت است که قطعات در مخازنی که با آب و مواد پاک‌کننده پر گردیده‌اند غوطه‌ور می‌شود و پس از تنظیم زمان و دمای شستشو توسط اپراتور، عملیات شستشو بدون دخالت نیروی انسانی انجام می‌گیرد؛ به شکلی که درست از لحظه‌ای که قطعات در وان التراسونیک قرار می‌گیرند، حجم زیادی از آلودگی‌ها به سرعت از روی قطعه کنده می‌شود. در حین پروسه کاری تنها توجه به این نکته ضروری است که از آنجایی که اکثر مواد ضدعفونی نباید گرم شوند و با توجه به اینکه پروتئین‌ها در دمای 40 درجه سانتی‌گراد (104 درجه فارنهایت) شروع به منعقد شدن می‌کنند، دستگاه‌های بدون هیتر یا عدم استفاده از هیتر در حالتی که هدف استفاده از دستگاه ضدعفونی است، توصیه می‌شود؛ اما سیستم‌های دارای هیتر یا استفاده از سیستم گرم‌کن دستگاه در حالتی که هدف پاکسازی ابتدایی و حذف سریع‌تر پسماندها از روی ابزارآلات است توصیه می‌گردد. [زیت]

### 7- پژوهش انجام‌شده و نتایج بحث:

از آنجایی که بیمارستان‌ها و مراکز درمانی، دارای طیف گسترده‌ای از ابزارآلات و تجهیزات پزشکی هستند که باید همواره در شرایط کاملاً بهداشتی و یا استریل باشند تا از شیوع عفونت بین بیماران و کارکنان مراکز درمانی جلوگیری شود و با توجه به اینکه طیف گسترده‌ای از ابزارآلات و تجهیزات پزشکی مانند ابزارآلات جراحی، ابزار میکروسرجری تجهیزات آندوسکوپی و لاپراسکوپی، اینسرومنت‌های دندانپزشکی تا تجهیزات پرکاربردی مانند ویلچر، تجهیزات فیزیوتراپی و ... را می‌توان به‌وسیله سیستم‌های التراسونیک شستشو و ضدعفونی کرد. برای اثبات اثربخشی این سیستم‌ها مطالعات آزمایشگاهی کاملی روی تجهیزات مورد استفاده در مراکز بهداشتی که به‌طور عمده در معرض آلودگی‌های میکروبی از قبیل *Enterococcus* و *Escherichia coil* و *MRSA* قرار دارند در کشور آمریکا انجام شده است؛ که نتایج برخی از آن‌ها به‌اختصار در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول شماره 1: نتایج شستشو و ضدعفونی برخی از ابزارآلات پزشکی در التراسونیک

نام قطعه	تعداد میکروب‌های قبل از شستشو	تعداد میکروب‌های بعد از شستشو و خشک کردن	زمان شستشو	درصد موفقیت
واکر	MRSA 46.320	MRSA < 10	2 دقیقه	100%

100٪	3 دقیقه	Enterococcus <2 Escherichia coli < 10	Enterococcus 631.000 Escherichia coli 11.000	ویلچر
100٪	45 ثانیه	Enterococcus <2 Escherichia coli < 10	Enterococcus 512.000 Escherichia coli 11.000	توپ تمرین فیزیوتراپی
(Ento)/97.7 (E.coil)/100	3 دقیقه	Enterococcus <75.000 Escherichia coli < 10	Enterococcus 3.255.000 Escherichia coli 18.000	هد تمیزکننده میکرو فیبرها
100٪	3 دقیقه	Enterococcus <2 Escherichia coli < 8.000	Enterococcus 1.314.000 Escherichia coli 8.000	دو چرخه فیزیوتراپی

## شکل 2: نمونه‌گیری از تجهیزات، جهت تست میزان اثربخشی سیستم‌های شستشو و ضدعفونی التراسونیک

همان‌طور که قابل رؤیت است، سیستم‌های شستشوی التراسونیک با کاهش بسیار بالای سطح آلودگی‌ها اثربخشی خود را برای طیف گسترده‌ای از تجهیزات نشان می‌دهند و شاهد موفقیت 100 درصدی این روش شستشو بر روی تمامی تجهیزات متخلخل در مورد Enterococcus و Escherichia coil می‌باشیم و در ارتباط با تجهیزات متخلخل مانند هدهای تمیزکننده، این روش شستشو موفقیت 100 درصدی خود را در مورد E.coil و موفقیت 97/7 درصدی خود را برای Enterococcus به اثبات رسانید.

### 8- نتیجه‌گیری:

نتایج آزمایش‌های انجام شده و مزایای سیستم‌های شستشوی التراسونیک باعث گردید که این تجهیزات به سرعت جای خود را در میان مهم‌ترین دستگاه‌های کنترل عفونت در مراکز بهداشتی درمانی باز کنند، این سیستم‌ها نسبت به روش‌های شستشو و ضدعفونی کردن تجهیزات پزشکی بسیار به صرفه بوده و اکثر کشورهای صنعتی دنیا حتی در کوچک‌ترین مراکز درمانی خود نیز از مزایای این تکنولوژی بهره می‌برند.





### شکل 3: روش شستشو در حمام التراسونیک

#### مراجع:

1. J. David N. Cheeke (2002), Fundamentals and Applications of Ultrasonic Waves, CRC Press LLC
2. مهرپویان، سینا، 1393، پیشگیری از عفونت‌های بیمارستانی توسط حمام‌های التراسونیک کلینر، ماهنامه مهندسی پزشکی ویژه‌نامه کنترل عفونت، سال چهارم، ص 26-27
3. Fujikawa, S. and Akamatsu, T. (1980). Effects of the non- equilibrium condensation of vapor on the pressure wave produced by the collapse of a bubble in a liquid. J. Fluid Mech., 97, 481–512
4. Michael A. Pinto (2012), Ultrasonic cleaning for infection control, Cleaning and restorations
5. مهرپویان، سینا، 1392، اثربخشی حمام‌های پر قدرت التراسونیک کلینر در شستشوی تجهیزات پزشکی، ماهنامه مهندسی پزشکی ویژه‌نامه کنترل عفونت، سال سیزدهم، ص 26-27
6. Zenith Mfg and & chemical Corp, ACS Automotive Cleaning System
7. BANDELIN electronic GmbH & Co.kg, Simultaneous Disinfection and Cleaning of Medical Instruments in 5 Minutes.