

# کارنامه پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف

سومین کارنامه پژوهشی دانشگاه صنعتی شریف، حاوی شرح فعالیت‌ها و تلاشهای تحقیقاتی استادان، پژوهشگران و دانشجویان این دانشگاه در سال ۶۹، چاپ و منتشر شد. این مجموعه، با حدود ۴۰۰ صفحه و در دو بخش فارسی و انگلیسی، توسط معاونت پژوهشی دانشگاه تهیه و تدوین شده است. بخش فارسی این کارنامه شامل گزارش فعالیت سالانه طرحهای پژوهشی دانشگاه و چکیده پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد می‌باشد که بخشی از هزینه آنها توسط معاونت پژوهشی دانشگاه تأمین شده و در سال ۶۹ به اتمام رسیده است. بخش انگلیسی کارنامه نیز مشتمل بر چکیده مقالاتی است که توسط اعضای هیأت علمی دانشگاه صنعتی شریف در کنفرانس‌های بین‌المللی ارائه و یا در نشریات معتبر علمی دنیا درج شده است.

مقاله زیر شرح یکی از پروژه‌های تحقیقاتی این کارنامه است که توسط آقای دکتر احمد امجدی استاد دانشکده فیزیک به انجام رسیده است:

## ساخت دستگاه Lithotripsy با استفاده از امواج اولتراسوند

### چکیده:

آنچه در این طرح مورد بررسی، تحقیق و ساخت قرار گرفته است، سیستمی است که می‌تواند با استفاده از امواج آکوستیکی مافوق صوت، سنگهای مجاری ادراری (کلیه) و کیسه صفرا را از خارج از بدن خرد کند. در این دستگاه موج مافوق صوت از طریق تخلیه یک پالس الکتریکی پراورزی در آب بوجود می‌آید. تخلیه الکتریکی در کانون داخلی یک نیم بیضوی فولادی صورت گرفته و بدین ترتیب موج مافوق صوت ایجاد شده در دیگر کانون بیضوی متمرکز می‌گردد. با قرار دادن سنگ در کانون هدف و تکرار این موج، سنگ به تدریج خرد می‌شود. در این گزارش، طریقه ساخت این دستگاه، شامل تولید، انتقال و تمرکز امواج و نیز مکانیزم خرد شدن سنگ آمده است.

### مقدمه

امواج اولتراسونیک یا مافوق صوت چه به صورت پیوسته و چه به صورت پالسی، کاربردهای زیادی در پزشکی دارند که از جمله می‌توان: Ultrasonic Imaging, Ultrasonic Cleaning Deceptor, Virus Treatment, Ultrasonic Cutter

را نام برد.

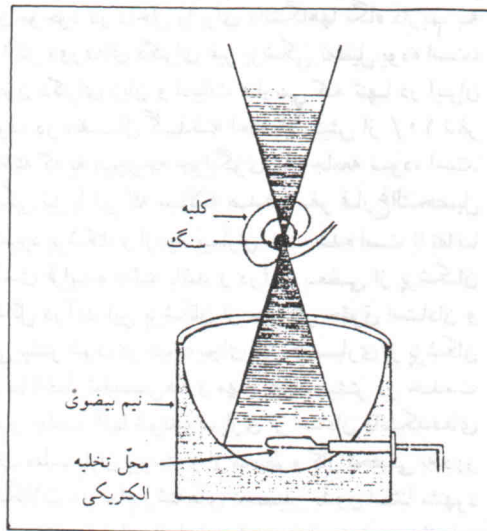
یکی دیگر از کاربردهای مهم این امواج که ابتدا با پیشنهاد یک مهندس روسی به نام Yutkin در سال ۱۹۵۵ تحقیق بر روی آن شروع گردید، Lithotripsy می‌باشد. در Lithotripsy از امواج ضربه‌ای (پالسی) استفاده می‌شود. با الهام از این فکر و به روش اندوسکوپ، سنگ مثانه و کلیه لمس شد و با ارسال موج ضربه‌ای توسط Probe درمان گردید. ایده استفاده از امواج ضربه‌ای متمرکز یافته جهت از بین بردن سنگهای ادراری، توسط Hausler ارائه گردید و در فوریه سال ۱۹۸۰ برای نخستین بار، Chaussy سنگ کلیه بیماری را با استفاده از این امواج و از خارج از بدن درمان کرد (شکل ۱). از آنجاییکه هیچ قسمت از دستگاه ساخته شده در بدن بیمار قرار نمی‌گرفت، نام:

"Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy"

یا به طور اختصار "ESWL" برای آن برگزیده شد.

دستگاه "ESWL" تاکنون سه نسل از تولید خود را پشت سر گذاشته است که نسل جدید آن در نیمه دوم سال ۱۹۸۷ میلادی وارد بازار گردید.

لازم به ذکر است که در حال حاضر تعداد انگشت شماری از نسلهای مختلف این دستگاه در بیمارستانهای کشور موجود است.



شکل ۱

### تولید موج ضربه‌ای

در این پروژه، موج ضربه‌ای از طریق تخلیه الکتریکی یک پالس الکتریکی، در یک Gap یا فاصله، در داخل آب بوجود می‌آید. روشی که ما در این پروژه از آن بهره گرفتیم، ذخیره‌سازی مقداری انرژی و تخلیه ناگهانی آن در Gap، به صورتی که در شکل ۲ نشان داده شده است، می‌باشد. در این مدار نیاز به یک ترانس ولتاژ زیاد، یک واریاک،

۴۰۰۰/ مگاوات را با تنظیم منبع تغذیه بتوان بوجود آورد. جهت تخلیه خازنها، روشهای متفاوتی وجود دارد. ما در این پروژه از یک سویچ ولتاژ زیاد بهره بردیم. این سویچ دارای Peak Test Voltage، ۷۰/ کیلو ولت و جریان RMS، ۱۰۰/ آمپر می باشد.

در عمل به هنگام معالجه مریض، برای جلوگیری از مداخله پالس سیستم در سیکل قلبی و بر هم نخوردن آن، پالس را باید همزمان با موج R الکتروکاردیوگرام قلب تریگر کرد (شکل ۳).

بدین ترتیب موج ضربه ای موقعی تولید می شود که میوکارد (عضله قلب) در حال استراحت است. از این رو در مدار کنترل سویچ، یک ورودی جهت اتصال آن به دستگاه الکتروکاردیوگراف در نظر گرفته شده است. همچنین مداری جهت کنترل تعداد پالسها در دقیقه، بدون در نظر گرفتن سیکل قلبی، به طور اتوماتیک و تک پالس برای آزمایشهای مورد نظر ساخته شد. قسمت اتوماتیک این مدار شامل یک آی سی ۵۵۵/ می باشد که به صورت مولتی ویراتور آستانبل بسته شده است. این مدار به گونه ای طراحی شده است که تعداد ضربان قلب را به طور نمونه تعیین نموده و مطابق با آن پالسهایی را ایجاد می کند. تعداد پالسها را می توان تا حداکثر ۹۵/ پالس در دقیقه تنظیم نمود. در قسمت تک پالس، آی سی ۵۵۵/ به صورت بی استابل بسته می شود و با فشار دکمه ای در هر بار یک پالس برای آزمایش دستگاه بوجود می آورد.

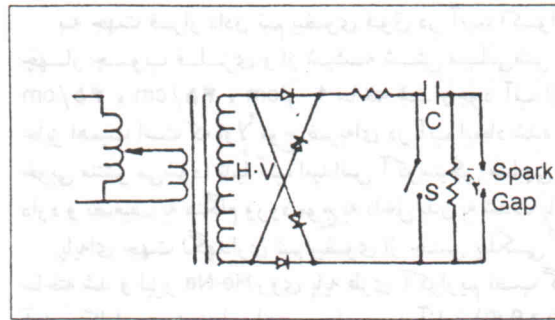
الکترودهایی که ما برای این طرح ساختیم، نوکی از جنس فولاد آبدیده و تنگستن دارند. نوک آنها قابل تعویض بوده و عملاً بایستی بعد از هر چند صد پالس آنها را تعویض نمود. فاصله نوک الکترودها از یکدیگر ۳/ mm می باشد. الکترودها دارای پوششی سرامیکی بوده که بدنه آنها را از بیضوی عایق نموده است. این الکترودها به دقت در فاصله کانونی تنظیم شده اند، به طوریکه با وصل دستگاه جرقه زن به آنها، یک لکه نورانی درست در کانون هدف دیده می شود.

اجزای مدار، به جز سویچ ولتاژ بالا و الکترودها، تماماً در داخل جعبه ای فلزی به ابعاد ۳۰ x ۳۰ x ۶۰ سانتیمتر قرار داده شده اند. این جعبه دارای اتصال زمین بوده و از روغن ولتاژ بالا پر شده است. بدین ترتیب نه تنها اجزای داخلی آن به خوبی از یکدیگر عایق شده اند، بلکه دفع حرارتی این اجزا به نحو احسن صورت می گیرد. سیمهای ولتاژ زیاد مورد استفاده از نوع هم محور با ولتاژ تحملی بیش از ۵۰/ کیلو ولت می باشند.

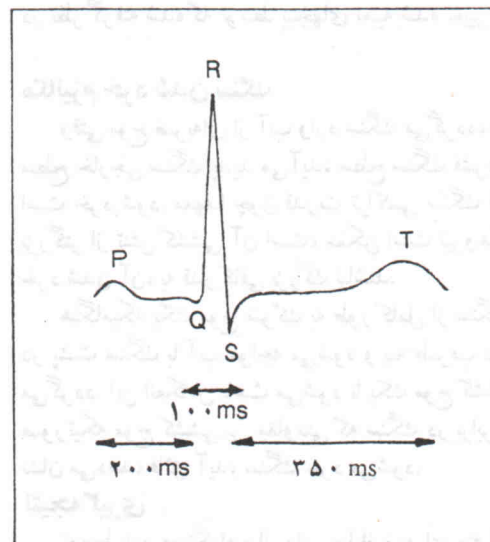
### انتقال و تمرکز امواج

امواج تولید شده در قسمت قبل چون باید به صورت همفاز روی سنگ یا هدف تمرکز پیدا کنند، از این رو از یک نیم بیضوی برای این کار استفاده شد. امواج ضربه ای در اثر تخلیه الکتریکی در Gap در کانون داخلی نیم بیضوی تولید شده و پس از انعکاس روی نیم بیضوی، در دیگر کانون آن و به صورت همفاز جمع می شوند.

با توجه به اینکه پرتوهای مختلف این امواج بایستی به طور همفاز در کانون دوم یا هدف جمع شوند، ناگزیر باید مسافتهای مساوی را طی کنند؛ زیرا در غیر این صورت، به علت اختلاف فاز شعاعهای مختلف امواج منعکس شده از نیم بیضوی، پالس تیز اصلی تولید شده در کانون اول بیضوی، پس از رسیدن به کانون هدف، دارای ارتفاع کمتر و پهنای پالس بیشتری خواهد شد که خود باعث کم شدن شدت ضربه روی



شکل ۲



شکل ۳

خازنهایی با ولتاژ تحملی در حدود چندین کیلوولت، سویچ تخلیه ولتاژ بالا، تعدادی مقاومت و الکترودهای تخلیه می باشد.

ترانس ولتاژ زیاد مدار، که دارای مشخصات بخصوصی است، در آزمایشگاه پیچیده شد. این ترانس از ۲۰۰/ دور سیم ۱/۷ میلی متر و ۱۰۱۰۰/ دور سیم ۰/۲۵ میلی متر تشکیل شده که بر روی هسته آهن ۲۱۰/ قرار دارند. ولتاژ خروجی ترانس، پس از یک سو سازی به وسیله دیودهای ولتاژ بالا که به صورت پل بسته شده اند، از طریق یک مقاومت ۱۲۵/ کیلو اهم با توان ۱۰۰/ وات به تعدادی خازن متصل می باشد. هنگامیکه انرژی لازم کمتر از ۱۴۰/ ژول باشد، از هفت عدد خازن ۱۰/ میکروفاراد / ۲۰۰۰/ ولت به صورت سری استفاده می گردد. در این حالت ظرفیت خازنها به ۱/۴۳ میکروفاراد می رسد و ولتاژ تحمل آنها ۱۴/ کیلو ولت خواهد شد. نتیجتاً با تنظیم منبع تغذیه می توان ولتاژ خازنها را به حداکثر ۱۴/ کیلوولت رساند. به عنوان نمونه زمانی که خازنها تا ۱۲/۷ کیلوولت شارژ شده اند، انرژی ذخیره شده درون آنها ۱۱۵/۷۱ ژول خواهد بود که با توجه به پهنای زمانی پالس خروجی که در حدود یک میکروثانیه می باشد، توان لحظه ای به مقدار ۱۱۵/۷۱ مگا وات خواهد رسید.

هنگامیکه به توان بالاتری نیاز باشد، به جای خازنهای فوق، از یک عدد خازن ۲۰/ میکرو فاراد / ۲۰/ کیلو ولت با اندوکتانس ۰/۰۴ میکروهنری و ماکزیمم پیک جریان ۲۰۰/ کیلو آمپر استفاده می شود. در این حالت حداکثر انرژی ۴۰۰۰/ ژول بوده تا توان لحظه ای

واگرا شده، مستقیماً به سنگ رسیده که برابر  $1/0$  درصد امواج تولیدی می‌باشد.

به جهت قرار دادن نیم بیضوی فوق در آب، اکواریومی با چهار چوب فلزی و از شیشه شش میلی‌متر به ابعاد  $90/cm \times 45/cm \times 45/cm$  ساخته شد. وجود آب از این جهت حایز اهمیت است که اولاً موج ضربه‌ای در آب ایجاد شده و در آن به خوبی منتشر می‌شود؛ ثانیاً آب امپدانس آکوستیکی مشابهی با نسج بدن دارد و تضعیف به هنگام ورود موج به داخل بدن به شدت پایین می‌آید. پایه‌ای جهت نگهداری نیم بیضوی از جنس پلکسی گلاس نیز ساخته شد و لیزر He-Ne روی پایه فلزی آکواریوم نصب گردید. برای آزادی کامل جهت تنظیم لیزر، چهار درجه آزادی (p,z,θ,φ) برای آن در نظر گرفته شده که توسط پیچهای تعبیه شده تغییر می‌کنند.

### مکانیزم خرد شدن سنگ

وقتی موج ضربه‌ای از آب وارد سنگ می‌گردد، موجی انعکاسی در سطح خارجی سنگ پدید می‌آید، سطح سنگ فشرده می‌شود و ممکن است خرد شود. معهداً چون قدرت تراکمی سنگ ادراری چندین بار بزرگتر از تنش کششی آن است، ممکن است نیروهای تراکمی جهت خرد شدن آن، به قدر کافی بزرگ نباشند.

هنگامیکه یک موج شوک به طور کامل از سنگ عبور می‌نماید، در پشت سنگ با آب مواجه می‌شود و به طرف داخل آن منعکس می‌گردد. این انعکاس باعث می‌شود تا یک موج کششی پدید آید و در صورتیکه موج کششی بر مقاومتی که سنگ در برابر این کشش از خود نشان می‌دهد، فائق آید، سنگ خرد می‌شود.

### نتیجه‌گیری

توسط این دستگاه پالسهای با انرژیهای متفاوت تولید شد و سنگهای رسوبی مختلفی مورد آزمایش قرار گرفت. مسأله مهمی که مشاهده گردید، اهمیت موقعیت سنگ در کانون هدف نیم بیضوی بود. در صورت تنظیم دقیق دستگاه، اثرات پالس ضربه‌ای، به خوبی مشاهده می‌شود. همچنین آزمایش‌ها نشان داده، بدون اینکه آسیبی به کیسه نازک پلاستیکی حامل سنگ وارد شود، سنگ به راحتی خرد می‌شود.

### قدردانی

بدینوسیله از آقای مهندس محمد ناصر شاه‌آبادی که همکاری اصلی را داشته‌اند و در ساخت وسایل و انجام آزمایش‌ها سهم به سزایی را ایفا کرده‌اند، تشکر می‌شود. همچنین از همکاری آقای مهندس اشجع، کارکنان دانشکده فیزیک و سایر عزیزانی که ما را در اجرای این پروژه یاری نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

### مراجع

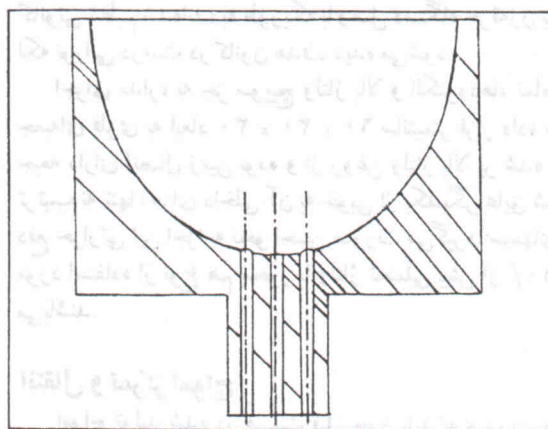
- 1- Warren P. Mason. (1964) Physical Acoustics.
- 2- Chaussy C.G (1986) Extracorporeal Shock Wave Lithotripsy. Second Edition, karger, Balse, Switzerland.
- 3- McAnish. T.F. (1986) Physics in Medicine & Biology Encyclopedia. First Edition. Pergamon Press, Oxford, UK.
- 4- The New England Journal of Medicine, 314, 818, 1986.

سنگ می‌گردد. به همین دلیل ساخت قطعه نیم بیضوی باید از دقت بسیار زیادی برخوردار باشد.

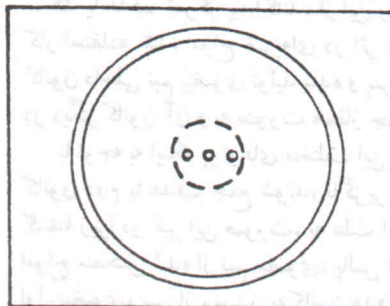
قطعه مورد نیاز با همکاری صمیمانه سپاه پاسداران انقلاب اسلامی و استفاده از تجهیزات تراشکاری آنان با دقت هر چه تمامتر ساخته شد. این بیضوی در داخل استوانه‌ای فولادی به قطر  $20$  سانتیمتر با قطر اطول  $24$  سانتی‌متر و قطر اقصی  $18$  سانتی‌متر و با فاصله کانونی  $16$  سانتی‌متر تراشیده شد. این ابعاد به صورتی تعیین شده است که کانون هدف می‌تواند سنگ کلیه و یا صفرا را، در اعماق مختلف از سطح بدن، مورد هدف قرار دهد (شکل ۴).

بر روی محور نیم بیضوی سوراخی ایجاد شده است تا نور لیزر He-Ne از آن عبور نماید. نور این لیزر دقیقاً بر روی خط واصل دو کانون قرار می‌گیرد و بدین وسیله جهت تعیین کانون دوم تنها فاصله آن از دهانه نیم بیضوی کافی می‌باشد. دو سوراخ دیگر موازی محور کانونی نیز ایجاد شده است که محل استقرار لوله‌های سرمایی می‌باشند. این بیضوی آب گرم سخت داده شده و در آب به هیچ وجه زنگ نمی‌زند. ضخامت آب گرم در حدود  $2/0$  میلی‌متر می‌باشد.

امواجی که در کانون داخلی نیم بیضوی تولید می‌شوند، یا توسط سطح آن منعکس گشته و یا از دهانه رفلکتور خارج می‌شوند. با توجه به ابعاد رفلکتور ساخته شده، تنها  $7/12$  درصد از امواج تولیدی مستقیماً از دهانه آن خارج شده و  $3/87$  درصد بقیه آن توسط سطح منعکس گشته و در کانون هدف متمرکز می‌گردند. امواج منعکس نشده، واگرا بوده و عملاً تاثیری بر روی سنگ ندارند. به عنوان نمونه اگر قطر سنگ هدف را  $20/mm$  فرض کنیم، تنها  $78/0$  درصد از این امواج



شکل ۴- الف



شکل ۴- ب