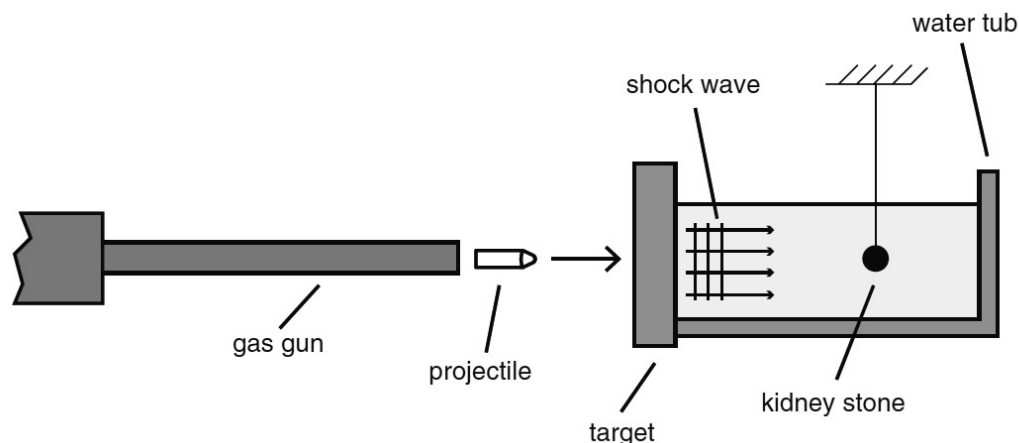
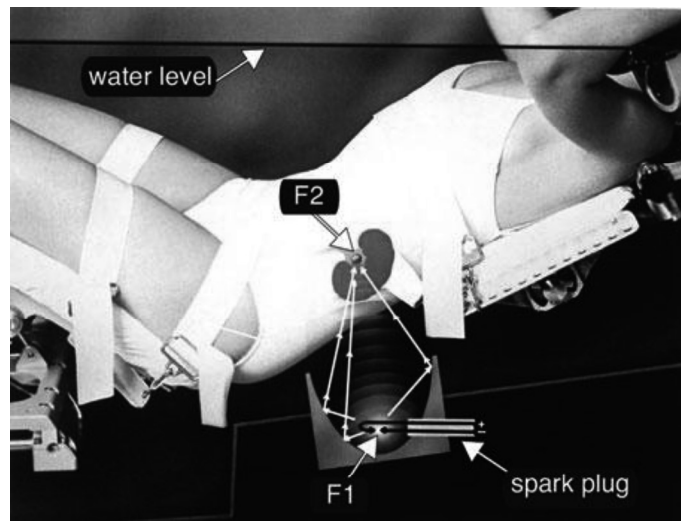




شکل ۱-۲. تصویر شماتیک از دستگاه آزمایشی که برای تولید امواج ضربه‌ای در آب (با برخورد ساچمه به هدف) استفاده می‌شد. امواج ضربه‌ای در آب پخش شده و سنگ کلیه (فرضی) معلق داخل مخزن آب را از بین می‌برد.

یک پروژه تحقیقاتی فدرال، تحت حمایت وزارت تحقیق و توسعه آلمان غربی در ژانویه ۱۹۷۴ شروع به کار کرد. هاف و بهرنت مفهوم تولید امواج ضربه‌ای در زیر آب را با تخلیه الکتریکی ولتاژ بالا در کانون یک بازتاب دهنده فلزی نیمه بیضی شکل توسعه دادند. این منبع موج ضربه‌ای که در اولین پروژه سنگ-شکنی حضور داشت *TMI* نام گرفت. انواع مختلفی از مدل‌ها آرام آرام توسعه پیدا کردند تا اینکه در سال ۱۹۸۰ این روش جدید منتشر شد و هرچند با شک و تردید اما مورد استقبال جامعه اورولوژی قرار گرفت.



شکل ۳-۱. دستگاه سنگ شکن امواج صوتی برون تن از نوع Human Model 3 (HM3).
امواج ضربه‌ای از طریق تخلیه الکتریکی (زیر آب) در کانون داخلی (F1) یک بازتابنده فلزی
بیضی شکل ایجاد شده و به سمت کانون بیرونی (F2) متمرکز می‌شود.

شرکت دورنیر اولین مدل‌ها را با نام *Human Model* یا *HM* تولید کرد. تا سال ۱۹۸۵ سومین دستگاه از این مدل (*HM3*) تنها دستگاه سنگ شکن موجود در بازار بود (شکل ۳-۱). این دستگاه در واقع یک سیستم گران قیمت با تکنولوژی ساخت بالا بود که شامل یک وان آب بزرگ، سیستم مکان‌یابی فلوئوروسکوپی دو سطحی، ژنراتور موج ضربه‌ای، دستگاه پوزیشن دهی به بیمار، سیستم تامین هیدرولیک، واحد تصفیه آب و کابینت کنترل می‌شد. با این وجود تا سال ۱۹۸۶ حدود ۲۰۰ دستگاه در کل دنیا توسط شرکت دورنیر نصب شده و ۲۵۰ هزار بیمار تحت درمان موفق با این دستگاه‌ها قرار گرفتند و این موضوع انقلابی در اورولوژی ایجاد کرد.

در سال ۱۹۷۸ یک پروژه تحقیقاتی به نام "اولترا شاک ویو" در شرکت *Richard Wolf GmbH* آلمان با همکاری دانشگاه زارلند^۱ و دانشگاه کارلسروهه^۲ در آلمان آغاز شد. هدف اصلی این پروژه بررسی امکان

1. Saarland
2. Karlsruhe

طور اختصاصی برای کاربردهای ارتوپدی و تروماتولوژی ساخته شد، دستگاهی با عنوان *OssaTron* بود که در سال ۱۹۹۳ توسط شرکت *High Medical Technologies* سوئیس به بازار ارائه شد.



شکل ۴-۱. منبع تولید امواج ضربه‌ای *OssaTron*، طراحی شده برای کاربردهای ارتوپدی و تروماتولوژی - شرکت *High Medical Technologies* سوئیس.

سازمان غذا و داروی آمریکا (*FDA*) درمان با *OssaTron* را برای التهاب مزمن کف پا و آرنج تنیس بازان (تنیس البو) به ترتیب در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۳ تایید کرد. در طول سال‌های بعد، کاربردهای بالینی متعددی برای امواج ضربه‌ای برون تن توسعه پیدا کردند. هر کاربردی داستان مخصوص خود را دارد و لیست این موارد روزانه در حال رشد است. از آن جمله می‌توان به استفاده از امواج ضربه‌ای برای درمان بیماران با تاندینوپاتی شانه، التهاب فاشیای کف پا، تنیس البو، خار پاشنه، تاندونیت آشیل، کودکان با اختلالات حرکتی

اسپاستیک و همچنین سلولیت اشاره کرد. امواج ضربه‌ای همچنین در ترمیم زخم نتایج شگفت‌انگیزی نشان داده است.

اولین درمان موفق ترمبولیز (حل کردن لخته خون) به کمک امواج ضربه‌ای در سال ۱۹۹۸ با استفاده از منبع الکترومغناطیسی اصلاح شده *Minilith SL1* (شرکت استورز) انجام شد. اولین اقدامات درمانی برای ریوسکولاریزیشن قلبی به کمک امواج ضربه‌ای نیز در حدود سال ۱۹۹۸ اتفاق افتاد. دستگاه *Modulith SLC* (شرکت استورز) – که یک منبع موج ضربه‌ای الکترومغناطیسی تغییر یافته است – اولین وسیله‌ای بود که برای درمان نقاط ایسکمیک در قلب به کار گرفته شد. امروزه امواج ضربه‌ای یک انتخاب جایگزین برای درمان آنژین صدری مزمن پایدار است.

از سال ۱۹۹۹ نه تنها شاک‌ویو متمرکز^۲ غیرمتمرکز^۳ و مسطح^۴ بلکه نوعی از شاک‌ویو که بیشتر با عنوان رادیال شناخته می‌شود، کاربردهای بالینی بسیاری پیدا کرده‌اند. شاک‌ویو رادیال دامنه کاربرد امواج ضربه‌ای برون تن را بسیار افزایش داد، اگرچه به بیان دقیق‌تر این دستگاه‌ها امواج فشاری رادیال تولید می‌کنند، نه امواج ضربه‌ای (شکل ۵-۱). امروزه دستگاه‌های رومیزی کوچک در مطب پزشکان برای درمان بیماری‌ها در زمینه‌های مختلفی همچون ارتوپدی، پوست، ادنتولوژی، نورولوژی، قلب و عروق و دامپزشکی به شکل رایجی دیده می‌شود.

-
1. Storz
 2. Focused
 3. Defocused
 4. Planar
 5. Radial pressure waves



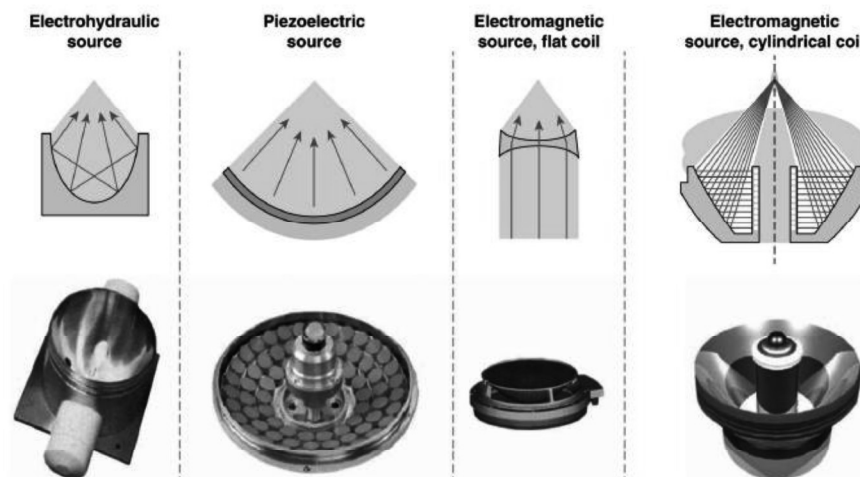
شکل ۵-۱. درمان اپی کندیلیت خارجی به کمک دستگاه تولید کننده امواج فشاری رادیال.

با گذشت زمان امواج ضربه‌ای در حوزه‌های مختلفی کاربرد پیدا می‌کند. یکی از موارد قابل تأمل استفاده از این امواج در تغییر ژنتیکی قارچ‌ها است. قارچ‌های رشته‌ای میکروارگانیزم‌های ارزشمندی برای تولید ترکیباتی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها، انسولین، واکسن‌های هپاتیت و داروهای ضد انعقاد هستند، این فرآیند تنها با وارد کردن *DNA* خارجی در ژنوم آنها قابل دستیابی است. متأسفانه روش‌های استاندارد بازده پایینی در تغییر ژنتیکی داشته و تکرارپذیری کمی دارند. با کمال تعجب، چند سال پیش کشف شد که قرار گرفتن قارچ در معرض امواج ضربه‌ای، یک روش تبدیل بسیار کارآمد است. اولین گزارش‌ها از تبدیل ژنتیکی باکتری‌ها و قارچ‌ها به کمک امواج ضربه‌ای فصل دیگری از تاریخچه کاربردهای بیومدیکال این روش را باز می‌کند، که مدت‌ها پیش در صنعت هوافضا برای حل مشکل ناشی از برخورد قطرات باران به هواپیماهای مافوق صوت آغاز شده بود.

جمع بندی

به طور کلی امواج ضربه‌ای با استفاده از ژنراتورهای الکتروهیدرولیک، پیزوالکتریک یا الکترومغناطیسی تولید می‌شوند (شکل ۶-۱). در روش الکتروهیدرولیک، یک جرقه الکتریکی بین نوک الکترودها در یک محفظه پر از آب ایجاد می‌شود که با تبخیر سریع آب، امواج ضربه‌ای کروی شکل آزاد می‌گردد. این تخلیه الکتریکی از منبع به جهات مختلف در محیط منتشر می‌شود و ناحیه کانونی حاصل، که در مقایسه با سایر انواع امواج ضربه‌ای وسیع‌تر است، انرژی درمانی را فراهم می‌کند (شکل ۷-۱).

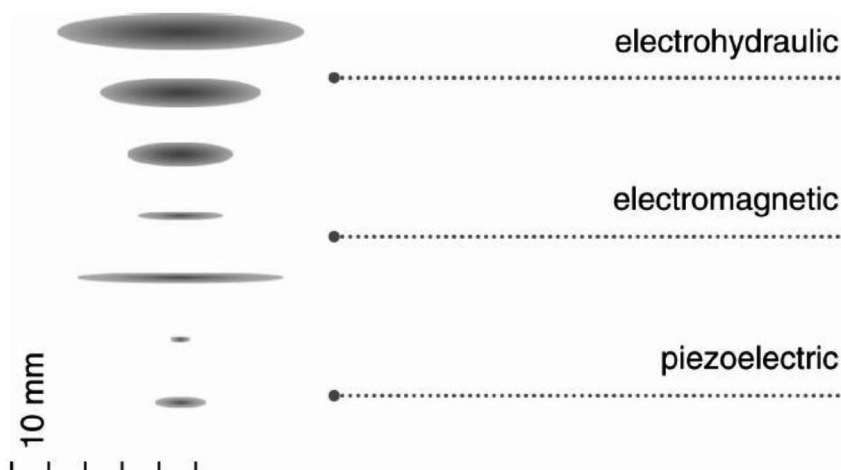
ژنراتورهای پیزوالکتریک دارای صدها کریستال پیزوالکتریک هستند که روی یک سطح کروی نصب شده‌اند. با اعمال پالس ولتاژ بالا، این کریستال‌ها به سرعت منبسط شده و پالس‌های کم‌فشار در آب اطراف ایجاد می‌کنند. در برخی دستگاه‌ها، برای افزایش انرژی پالس، از دو لایه المان پیزوالکتریک استفاده می‌شود. امواج ضربه‌ای پیزوالکتریک کوچک‌ترین ناحیه کانونی را تولید می‌کنند، بنابراین دقت در قرارگیری آن‌ها اهمیت دارد و اغلب نیاز به استفاده از تصویربرداری سونوگرافی همزمان برای تعیین دقیق محل ضایعه وجود خواهد داشت.



شکل ۶-۱. امواج ضربه‌ای متمرکز می‌توانند توسط دستگاه‌های الکتروهیدرولیک، پیزوالکتریک یا الکترومغناطیسی تولید شوند.

در سال‌های اخیر، تمایل به استفاده از سیستم‌های الکترومغناطیسی افزایش یافته است. در این روش، تولید امواج ضربه‌ای از نظر اصولی مشابه عملکرد یک بلندگو است، با این تفاوت که امواج از طریق یک بازتابنده سهمی هدایت می‌شوند. انرژی موج در یک نقطه کانونی تجمع یافته و ناحیه درمانی پیرامون آن را تشکیل می‌دهد.

نقاط کانونی، انرژی امواج ضربه‌ای را در عمق ۵ تا ۱۰ سانتی‌متری با قطری حدود ۵ تا ۱۰ میلی‌متر متمرکز می‌کنند. به همین دلیل برای سال‌ها، نواحی وسیع‌تر دردناک برای درمان با امواج ضربه‌ای متمرکز مناسب در نظر گرفته نمی‌شدند. این اصل درمانی تا زمان معرفی امواج فشاری رایال^۱ پابرجا بود.



شکل ۷-۱. مناطق درمانی که توسط دستگاه‌های مختلف تولیدکننده امواج ضربه‌ای، در اطراف نقطه کانونی ایجاد می‌شوند.